

008317072 **Image available**

WPI Acc No: 1990-204073/199027

XRAM Acc No: C90-088150

XRPX Acc No: N90-158423

X-ray exposure appts. for semiconductor wafer - comprises exposure unit with shutter and mask, and mirror to reflect X-ray

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Inventor: ABE N; AMEMIYA M; EBINUMA R; HIGOMURA M; KARIYA T; MIZUSAWA N;

OZAWA K; SAITO K; SAKAMOTO E; UDA K; UZAWA S

Number of Countries: 002 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2100311	A	19900412	JP 88252991	A	19881006	199027 B
US 5524131	A	19960604	US 88264791	A	19881031	199628
			US 92879445	A	19920501	
			US 93153288	A	19931117	
			US 95441641	A	19950515	
JP 2770960	B2	19980702	JP 88252991	A	19881006	199831
US 5822389	A	19981013	US 88264791	A	19881031	199848
			US 92879445	A	19920501	
			US 93153288	A	19931117	
			US 95441641	A	19950515	
			US 95464038	A	19950605	

Priority Applications (No Type Date): JP 88252991 A 19881006

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2100311	A		94		
US 5524131	A	140		G21K-005/00	Cont of application US 88264791 Cont of application US 92879445 Cont of application US 93153288
JP 2770960	B2	97		H01L-021/027	Previous Publ. patent JP 2100311
US 5822389	A			G21K-005/00	Cont of application US 88264791 Cont of application US 92879445 Cont of application US 93153288 Div ex application US 95441641 Div ex patent US 5524131

Abstract (Basic): JP 2100311 A

X-ray exposure appts. for semiconductor wafer comprises a mirror unit and exposure unit to expose the wafer with an X-ray reflected from the mirror unit through a mask, the exposure unit having an exposure control shutter and mask hold stage.

USE - For forming patterns on semiconductor wafers. (Provisional Basic previously advised in week 9021). (94pp Dwg.No.1/25)

Abstract (Equivalent): US 5524131 A

An X-ray exposure appts. using X-rays in synchrotron orbit radiation, the appts. comprising: a mirror unit comprising an X-ray mirror for diverging the X-rays in a desired direction, a first chamber for providing a predetermined vacuum ambience around the X-ray mirror and first supporting device for supporting the X-ray mirror; an exposure unit for exposing a wafer through a pattern of a mask to the X-rays from the mirror unit to form the pattern on a wafer, the exposure unit comprising a movable shutter, which is movable in the desired direction for controlling the exposure, and the movement speed of the shutter being controlled in accordance with an illumination distribution of the X-rays, a mask stage for holding the mask, a wafer stage for holding the wafer, a second chamber for providing a predetermined He ambience of a reduced pressure about the mask stage and the wafer stage, a frame assembly to which the mask stage and the wafer stage are mounted and second supporting device for supporting the frame assembly; beam duct device for guiding the X-rays from the mirror unit to the exposure unit; an X-ray transmitting window, disposed before the shutter, for providing a partition between the exposure unit

and the beam duct means and for transmitting the X-rays for introduction into the exposure unit.

⑫ 公開特許公報 (A) 平2-100311

⑬ Int. Cl.⁶
H 01 L 21/027

識別記号

厅内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)4月12日

7376-5F H 01 L 21/30
7376-5F331 J
A※

審査請求 未請求 請求項の数 17 (全94頁)

⑮ 発明の名称 アライメント装置並びにこれを有する SOR-X線露光装置

⑯ 特願 昭63-252991

⑰ 出願 昭63(1988)10月6日

⑮ 発明者	鶴澤 俊一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	刈谷 卓夫	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	肥後村 誠	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	水澤 伸俊	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	海老沼 隆一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	宇田 卓二	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	小澤 邦貴	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮ 発明者	雨宮 光陽	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑯ 出願人	キヤノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	
⑰ 代理人	弁理士 丸島 健一		

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

アライメント装置並びにこれを有する SOR-X線露光装置

2. 特許請求の範囲

〔1〕軌道放射光内の X 線を利用する X 線露光装置であって、

a) ミラーユニットと、前記ミラーユニットからの X 線でマスクを介してウエハを露光する露光ユニットを有する；

b) 前記ミラーユニットは、所望の方向に X 線を拡大するための X 線ミラーと、前記 X 線ミラーの周囲を所望の真空雰囲気とするための第1チャンバーと、前記 X 線ミラーを支持するための第1支持手段を有する；

c) 前記露光ユニットは、露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクステージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージと前記ウエハステージの周囲を所望のヘリウム雰囲気

とするための第2チャンバーと、前記マスクステージと前記ウエハステージが取付けられるフレーム構造体と、前記フレーム構造体を支持する第2支持手段を有する；

ことを特徴とする X 線露光装置。

〔2〕前記第1支持手段は前記 X 線ミラーを前記第1チャンバーに対して独立に支持していることを特徴とする特許請求の範囲第〔1〕項記載の X 線露光装置。

〔3〕前記第2支持手段は、前記ミラーユニットからの X 線に対して、前記フレーム構造体の姿勢を調整するためのアクチュエーターを有することを特徴とする特許請求の範囲第〔1〕項記載の X 線露光装置。

〔4〕前記シャッターは、前記第2チャンバーによってその周囲が所望のヘリウム雰囲気とされることを得て特徴とする特許請求の範囲第〔1〕項記載の X 線露光装置。

〔5〕前記第1並びに第2チャンバー間のビームダクトを第3支持手段で支持することを特徴とする

特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(6)軌道放射光内のX線を利用するX線露光装置であって、

a)ミラーユニットと、前記ミラーユニットからのX線でマスクを介してウエハを露光する露光ユニットを有する；

b)前記ミラーユニットは、マスクのバターン領域全体にX線が照射されるように、X線を所望の方向に拡大する；

c)前記露光ユニットは、前記ミラーユニットからのX線による露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクステージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージと前記ウエハステージの周囲を所望のヘリウム雰囲気とするためのチャンバーを有する；

ことを特徴とするX線露光装置。

(7)前記露光ユニットは、前記マスク上のマークと前記ウエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するための第1検出器と、前記ウエハス

テージは前記検出器が検出したθ方向のずれを補正するために移動し、前記ウエハステージは前記検出器が検出したX、Y方向のずれを補正するために移動することを特徴とする特許請求の範囲第(10)項記載のX線露光装置。

(12)前記露光ユニットは、前記ウエハステージの移動位置を検出するための、レーザー干渉計を用いて構成された検出器を有し、この検出器のレーザヘッドとレシーバは前記チャンバーの外部に前記フレーム構造体によって支持されていることを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(13)X線による露光を制御するX線露光制御装置であって、

a)マスクのバターン領域全体にX線が照射されるようにX線を所望の方向に拡大するミラーユニットと；

b)前記ミラーユニットからのX線によるマスクを介したウエハの露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクス

テージの移動位置を検出するための、レーザー干渉計を用いて構成された第2検出器を有することを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(8)前記第1検出器はZ方向における前記マスクと前記ウエハの位置関係も検出することを特徴とする特許請求の範囲第(7)項記載のX線露光装置。

(9)前記マスクステージと前記ウエハステージは、同一のフレーム構造体に取付けられていることを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(10)前記マスクステージはθ($=\omega_z$)方向のみに可動軸を有し、前記ウエハステージはX、Y、Z、θ、 ω_x 、 ω_y の各方向に可動軸を有することを特徴とする特許請求の範囲第(9)項記載のX線露光装置。

(11)前記露光ユニットは、前記マスク上のマークと前記ウエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するための検出器を有し、前記マスクス

テージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージ有する露光ユニットと；

c)照射領域におけるX線の照度を計測するX線照度計と前記照射領域における各点の照度を計測するX線デテクターからの出力を処理し、前記X線照度計の出力を基準として前記X線デテクターの各点ごとの出力を補正することにより、前記照射領域の照度分布を検出する検出手段と；

d)前記シャッターの動作を前記検出手段が検出した照度分布に応じて制御するシャッター制御手段を；

有することを特徴とするX線露光装置。

(14)前記X線照度計は前記シャッターよりも前記ミラーユニット側に設けられ、前記X線デテクターは前記ウエハステージ上に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第(13)項記載のX線露光装置。

(15)前記X線照度計はX線の通路に対して可動に設けられたいることを特徴とする特許請求の範囲

第(14)項記載のX線露光装置。

(16)マスクヒュエハを所定の位置関係にアライメントし、X線を用いてマスクのパターンをヒュエハ上に転写するX線アライナーであつて、

a)マスクのパターン領域全体にX線が照射されるようにX線を所望の方向に拡大するミラーユニットと；

b)前記ミラーユニットからのX線によるマスクを介したヒュエハの露光を制御するためのシャッターと、マスクを保持するためのマスクステージと、ヒュエハを保持するためのヒュエハステージと、前記マスクステージに保持されているマスク上のマークと前記ヒュエハステージ上の基準マークのXY面における位置関係を検出するための検出器を有する露光ユニットと；

c)前記検出器の出力に基づいて前記マスクステージに保持されているマスクのθ方向の傾きを測定する測定手段を；

有することを特徴とするX線アライナー。

(17)前記検出器は、前記マスクステージに保持さ

れることを特徴とするX線アライナー。

従来の技術の一つとして柱目されてきた。しかしながら、従来では、小型で、高強度のX線源が存在しなかったため、このようなX線リソグラフ技術を利用した半導体素子製造用のX線露光装置を、半導体製造工場に導入することは困難であった。また、従来では、スループット等の量産性に対する要求にも答えられないのが現状であった。

ところが、近年になって、高強度なX線を発生する、常伝導あるいは超伝導磁石を用いた超小型のSOR(synchrotron orbital radiation)リングが開発される状況になり、光源は主要な問題とならなくなってきた。

一般に、X線露光装置は、第2図に示すように、所謂プロキシミティ露光方式によってパターンの焼付けを行なう。マスク2は、X線遮光率の高い数ミクロンの厚さの基板201と、この上にX線吸収率の高い材料によって焼付けられるパターン状に形成された吸収体202と、基板201を支持する支持棒203から構成されている。こ

れでいるマスク上のマークと前記ヒュエハステージに保持されているヒュエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するものであることを特徴とする特許請求の範囲第(16)項記載のX線アライナー。

3. 発明の詳細な説明

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子製造用パターンを有するマスクと半導体ヒュエハを所定の位置関係にアライメントするアライメント装置、特に、マスクと半導体ヒュエハをアライメントした後、軌道放射光(SOR-X線)を利用して、マスク上の半導体素子製造用パターンを半導体ヒュエハ上のレジストに焼付ける半導体素子製造用のSOR-X線露光装置に関する。

【従来の技術】

X線を利用した半導体素子製造用のリソグラフ技術は、1972年にSpearsとSmithによって“Electron Lett. Vol.8, No.4:p102, 1972”に発表されてから、半導体素子の高集積化を実現するための

マスク2を被加工物であるヒュエハ3に、正確に且つ安定的に、決められたギャップ距離(約數十ミクロン)で対向させ、マスク2を介してX線1を半導体ヒュエハ3上に照射し、吸収体202によるパターンをヒュエハ3上に焼布されているレジスト5に焼付け、転写する。

転写プロセスに関しては、第3図(a)に示されるスキヤン露光方式、第3図(b)に示されるスキヤンミラー露光方式、第3図(c)に示される一括露光方式が提案されている。スキヤン露光方式は“J. Vac. Sci. Technol. B1(4)1984, P1271”で、また、一括露光方式は“IBM Research Report RC 8220, 1980”で提案されている。

第3図(a)に示されるスキヤン露光方式は、マスク2ヒュエハ3を所定の位置関係にアライメントした後、SOR光線4から発生しているシートビーム状のX線1にたいして、マスク2ヒュエハ3を一体的に図示矢印方向に移動させ、マスク2上のパターンをヒュエハ3上の所定領域に転写する。

第3図(b)に示されるスキャンミラー露光方式は、マスク2とウエハ3を所定の位置関係にアライメントした後、SOR光源4とマスク2の間に配置されたミラー301を、図示矢印方向に推動させることにより、露光範囲(転写すべきマスクパターンの領域)をSOR光源4からのX線1で走査し、パターン転写を行なう。

第3図(c)に示される一括露光方式は、SOR光源4とマスク2の間に、反射面が凸状に加工されたミラー302を配置し、このミラー302によってSOR光源4からのX線1を発生させることにより、X線1を露光範囲全体に同時に照射する。これにより、マスク2のパターンは、アライメント後、ウエハ3に転写される。

また、X線露光装置において、マスク2とウエハ3を所定の密閉雰囲気内に配置して露光を行なうことは、例えば、E.Spiellerが“J.Applied Physics, Vol.47, No.12, p5450”で提案している。

これでは、温度の観点からHeガス雰囲気中に、マスク2とウエハ3を配置している。更に、本原

る。各チャンバの間には、各チャンバ内の雰囲気を独立に維持するために仕切弁(第4図(b)では、照射チャンバ405とメインチャバ401の間の仕切弁409のみを示している)が設けられている。

また、SOR-X線露光装置は、例えば“Proceeding of SPIE, Vol.448, 1983, p104”で提案されている。この装置の概要を第5図に示す。この装置は船底方向に移動自在な所蔵基板ステージを有し、このステージでマスク2とウエハ3を支持した状態で、X線1による露光を行なっている。

[発明が解決しようとしている問題]

ところで、半導体素子の集成度の目安とされるダイナミクランダムアクセスメモリ(以下、DRAMと記載する)を例に取ると、64メガビットのDRAMでは0.3~0.4μm(以下、ミクロンと記載)の線幅、100メガビット以上のDRAMでは0.25ミクロンの線幅のパターン焼付を可能にする露光装置が必要になる。

しかしながら、0.25ミクロン以下の微細な

発明者の一部は、先に特開昭60-178627号公報で、X線管球によるX線露光装置において、ステージ装置、マスク・ウエハ搬送装置、アライメント装置等のそれぞれを、複数の密閉雰囲気内に配置することを提案している。

以下、第4図(a), (b)を用いて、前述の特開昭60-178627号公報に示されている装置の概要を説明する。この装置において、ウエハは、ウエハロードカセット収納チャンバ402の中に、カセットに挿入された状態で設置される。露光されたウエハは、ウエハアンロードカセット収納チャンバ403内のカセットに収納される。転写すべきパターンが形成されているマスクは、カセットに挿入された状態で、マスクカセット収納チャンバ404内に設置される。

マスク及びウエハは、メインチャバ401内で、第4図(b)に示される電子ビーム装置411によって相互にアライメントされた後、一体的に支持された状態で照射チャンバ405内に移動され、X線管410を光源とした露光が行なわれ

パターン焼付を可能とする露光装置は、未だ実現されていないのが現状である。このような微細なパターン焼付けを可能にする露光装置を実現するためには、(1)マスク及びウエハを安定的に維持するための環境制御技術、(2)ゴミ等のコンタミネーションを排除するための装置技術、(3)パターン転写範囲を均一に露光するX線露光技術、(4)1/100ミクロン台の精度と1/1000ミクロン台の分解能を達成するアライメント技術、等の各技術を確立する必要がある。

本発明の目的は、64メガビットないしはそれ以上の集成度を有する半導体素子の製造プロセスで使用され、そのプロセスの要となる半導体素子製造用の露光装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、SOR光源からのX線を使用して、マスク上に形成されている微細なパターンを半導体ウエハ上のレジストに焼付けることを可能にするSOR-X線露光装置を提供することにある。

本発明の更に他の目的は、上述の(1)~(4)の

各技術を確立し、SOR-X線露光装置に採用することにある。

【問題点を解決するための手段並びに作用】

上述のように、0.25ミクロン程度のパターン線幅を有する半導体電子の製造を実現するためには、露光装置に要求される精度は非常に高い。半導体露光装置に要求される精度の代表的な項目である重ね合わせ精度の要因と、その標準的な割り振りを第1表に示す。

(以
印
白)

第1表 (単位: ミクロン)

項目	要求精度
マスク製造誤差	0.025
ウエハプロセス誤差	0.025
ステージ精度	0.025
アライメント精度	0.025
光学系精度	0.025
その他露光装置内誤差	0.025
重ね合わせ精度	0.06

その他露光装置内誤差には、マスクとウエハの熱による誤が含まれる。第1表からも明らかに、露光装置内で許されるマスクヒュエハの誤、特に露光中に許される誤は、高々0.01ミクロンである。

次に、第6図(a), (b)を用いて代表的なSOR光源4の性質を説明する。第6図(a)におい

て、SOR光源4は電子の軌道で象徴的に示されている。このSOR光源4から、相対論的な速度まで加速された電子の制動輻射によって、発生するX線1の強度プロフィール（以下、X線強度プロフィール）は、鉛直方向Vには高々数ミリラジアンの発散角を持ったガウス関数状の、また、水平方向Hには電子の軌道を見込む長さに応じた略均一な強度の台形状のものとなっている。このX線強度プロフィールは、例えば第15図に示されるX線ディテクタ1551によって、露光時にマスクとウエハが存在する露光領域で測定したものである。

本発明で、SOR-X線リソグラフに用いる波長は例えば5~15オングストロームの波長域である。また、上述の様に相対論的な速度まで加速された電子のエネルギーは約0.5~1.0ギガエレクトロンボルト(GeV)である。第6図(b)に、SOR光源4とマスクの間に、X線反射ミラーとベリリウム(Be)窓を配置してX線露光装置を構成した場合の、露光ビームバスの各点、

即ち、SOR光源4側から順に、ミラー入射直前、ミラー入射直後、Be窓表面、マスク表面、レジスト表面におけるSORの各波長ごとの分光強度特性を示す。この図から、SOR-X線リソグラフには5~15オングストロームの波長域を使用するのが適していることが理解できる。同様に、SORは通常スペクトルを持つことも理解できる。

第7図(a)にマスクの基板201の材料に無機材料を用いた例を、また第7図(b)に有機フィルム材料を用いた例を示す。第7図(a)の例では、支持棒203に接合された基板201はシリコンウエハで構成され、吸収体パターンが形成されるパターン部701に例えば氧化シリコンが層状状に堆積される。もしくは、シリコンウエハがエッチングによって薄膜化される。この場合、パターン部701での基板の厚さは約2ミクロン程度である。また、第7図(b)の例では、2~10ミクロンの有機フィルムが支持棒203に接着される。有機フィルムには例えばポリイミドフィルム

が使用される。

第2図で概念的に示したプロキシミティ露光方式では、露光時、マスクとウエハの間の距離（以下、プロキシミティーギャップと記載する）は、概略10～50ミクロン程度に設定される。この方式において、マスクとウエハの間の露露気をそれぞれ真空、空気、ヘリウム（He）とした際の、第7図（a）の露化シリコンマスクと第7図（b）のポリイミドマスクの露度上昇の程度を第2表に示す。

第2表（単位：度）

露露気 媒体	露化シリ コンマスク	ポリイミ ドマスク
真空	~80	~80
空気	1.17	1.18
He	0.343	0.351

この表では、マスク面上でのX線強度を120

ヤンミラー露光方式の違いを説明する。第8図（a）はパターン部701全体にX線1が同時に照射される一括露光方式を示す。第8図（b）はこの方式によって生じるマスクの歪の様子を示す。第9図（a）はシートビーム状のX線1がパターン部701を順に走査するスキャン露光方式を示す。第9図（b）はこの方式によって生じるマスクの歪の様子を示す。ところで、SORから発生するX線は、船直方向の広がりが非常に小さいから、例えば露光位置をSOR発光点から10メートルの距離に設定しても、X線強度プロフィールの半値幅は概10ミリメートル程度にしかならない。従って、スキャン露光方式（スキャンミラー露光方式も同様）では、露光時間を一括露光方式と同じにするためには、マスクに照射するX線の強度を一括露光方式に比べて数倍にしなければならない。これはマスクの歪を大きくする。

第3表に一括露光方式とスキャンミラー露光方式の上昇温度とマスクの最大歪の比較例を示す。この表では、ウエハチャック1807（第18図

mW/cmとし、真空露露気での輻射率を0.5としている。現在提案されているレジスト材料の感度が、単位平方センチメートル当り数百ミリジュールから数百ミリジュールであり、マスク基板材のX線透過率が概50%程度であることを考慮すると、上記の設定は妥当な値である。

この表からも明らかな様に、マスクの熱歪を防止するためには、マスクとウエハの間をHe露露気とするのが良い。従って、本発明では、マスクとウエハをHg露露気チャンバー内に位置させた状態で、両者のアライメント並びに露光を行なう様にしている。また、マスクとウエハをチャンバー内に配置することにより、ゴミ等のコンタミネーションの問題も解決可能にしている。更に、本発明は、このような場合にも、真空中と同様にX線透過率が安定するように、チャンバー内の熱伝導媒体としての気体の温度、圧力、純度を高精度に管理している。

次に、第8図（a）、（b）と第9図（a）、（b）を用いて、一括露光方式とスキャン露光方式（スキ

エンミラー露光方式）の違いを説明する。第8図（a）はパターン部701全体にX線1が同時に照射される一括露光方式を示す。第8図（b）はこの方式によって生じるマスクの歪の様子を示す。第9図（a）はシートビーム状のX線1がパターン部701を順に走査するスキャン露光方式を示す。第9図（b）はこの方式によって生じるマスクの歪の様子を示す。ところで、SORから発生するX線は、船直方向の広がりが非常に小さいから、例えば露光位置をSOR発光点から10メートルの距離に設定しても、X線強度プロフィールの半値幅は概10ミリメートル程度にしかならない。従って、スキャン露光方式（スキャンミラー露光方式も同様）では、露光時間を一括露光方式と同じにするためには、マスクに照射するX線の強度を一括露光方式に比べて数倍にしなければならない。これはマスクの歪を大きくする。

第3表（単位：度、ミクロン）

露光方式	露化シリ コンマスク		ポリイミ ドマスク	
	温 度	最大歪	温 度	最大歪
スキャンミラー				
0.5Hz	1.34	0.016	1.40	0.094
8Hz	1.22	0.016	1.22	0.082
1000Hz	0.343	0.0084	0.351	0.046
一括	0.343	0.0084	0.351	0.046

この表からも明らかな様に、マスクの歪を許容値（0.01ミクロン）以下にできるものは、一

括弧光方式もしくは高周波数でのミラー運動を前提にしたスキャンミラー露光方式のみである。また、マスク基板材として、通常のポリイミドフィルムは使用できないことがわかる。しかしながら、数十Hzを超える周波数でミラーを運動させることは、ミラー-301（第3図(b)参照）が10⁻⁹トール程度の高真空中に配置されていることを考慮すると、実現が非常に困難である。また、マスクとウエハを一体的に移動するスキャン露光方式では更に困難である。

従って、本発明では一括露光方式を採用した。ところで、露光装置には、パターン線幅の精度として、最小焼付線幅の5~10%が要求される。0.25ミクロンの最小焼付線幅を実現する露光装置においては、これが0.012ミクロンとなる。このことから、露光領域（パターン部701）全体でのX線強度もしくは露光領域全域での露出量の均一性は、誤差2.5%程度が必要となる。一方、SOR-X線の強度プロファイルは、前述の様に、船底面内ではガウス四散的であ

光を行ない、露光領域全体で均一な露光を行なう。

第10図(b)でこのシャッター機構を簡単に説明する。駆動ドラム1009とアイドラドラム1011の間のスチールベルト1009には、先エッジ1004と後エッジ1005を有する長方形のアバーチャ1012が形成されている。Y軸はSOR-X線の光軸と垂直な方向であり、船底方向である。t軸は時間を示している。また、曲線1006は先エッジ1004の軌跡を示し、曲線1007は後エッジ1005の軌跡を示している。このシャッター機構はY軸上の各点で露光時間ΔT(t)が第11図の照度プロファイルに対応して異なる様に駆動ドラム1009を動作させる。これにより、露光領域全体で、露出量（=露光時間×照度）を一定にしている。

前述の“Proceeding of SPIE, Vol. 448, 1983, p104”に示されている露光装置（第5図参照）は、SOR光源からのX線の通過経路が一旦ペリクロム窓で仕切られた後、マスクを介したウエハ

から、一括露光方式で露光領域全体の露出量の均一性を誤差2.5%程度とするのは容易ではない。照度を露光領域全体で均一にする方法では、ガウス分布の中心部分のみを使わざるをえず、X線エネルギーの使用効率が悪い。

本発明は、このような問題を解決するために、第10図(a), (b)に示す露光システムを採用した。この露光システムは、ミラー-1002にSOR光源内の発光点1001からのX線を低グランディング角で入射させ、このミラー-1002で反射されたX線をマスクに照射する。このミラー-1002は、露光領域内のX線強度プロファイルの最小照度が、与えられた露光装置の設置条件の中で最大となる様に設定されている。第11図にこの例の露光領域でのX線強度プロファイルを示す。露光領域の中心部と周辺部の照度が大きく異なっている。この露光システムでは、露光領域での照度分布は、±10%程度異なっていることもある。そして、この露光システムは、この照度ムラをシャッター機構1003で補正しながら露

の露光が大気中で行なわれる。第12図に大気とHeの熱伝導率の圧力依存性を示す。この図から、同じ圧力なら、Heよりも空気のほうが熱伝導率が小さいことが分かる。従って、第2, 3表で前述したマスクの型を考慮すると、この様な大気中の露光では本発明の目的を達成するのは困難なことが理解できる。そこで、本発明では、前述した様に高精度に温度、圧力、純度が管理された密閉He雰囲気での露光を採用している。また、これ以外に、SOR-X線光源に対応する矩形（船底方向）遮光構造と矩形露光ステージを採用すると共に、完全密閉雰囲気内のマスクおよびウエハの搬送を採用した。これにより、SOR-X線露光装置において、高スループットと、パーティクル（ゴミ）とコンタミネーションの影響を小さくすることを可能にしている。

更に、本発明では、(1) SOR光源からのX線の光軸は変動する可能性がほとんどない、(2) マスクの精度は前述の様に充分でいる、(3) SOR-X線露光ではSOR光源からのX線の光軸と

マスクとの位置関係の安定性が最も重要である。との認識から、ウエハステージを6軸(X, Y, Z, φ (=ψ), ψ, ϕ)制御し、マスクステージは6軸のみとしている。これにより、マスクステージの高精度化を達成している。

なお、本発明において、マスクステージを6方向に回転可能としているのは、ウエハをステップアンドリピート露光するためのウエハのX, Y軸に関する移動方向にマスクの向きを合わせるためにである。また、本発明は、この所謂マスクアライメントを正確に行なうことを可能とするために、ウエハステージ上に基準マークを設け、この基準マークを用いてマスクアライメントを行なっている。

(以
白)



【実施例】

第1図に本発明の一実施例を示す。図中、4はSOR光を発生させるための電子加速器、あるいは、電子蓄積リング(以下SORリングと略す)であり、その電子軌道は、地盤に対して水平に設置されている。図では、SOR光の出射窓は一つであるが、2つ以上の出射窓を備えていても良い。ミラーユニット101はSORリング4と露光ユニット102の間に設置しており、内部にSOR光を所望の状がり寸法に変更するためのX線ミラー1401(第14図参照)を収納してある。また、X線ミラー1401の周辺は $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6}$ Torr程度の真空中に排気してある。ビームダクト120はSORリング4とミラーユニット101の間を $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6}$ Torr程度の真空中を保ちながら接続している。

露光ユニット102は内部を純度99.99%程度以上の高純度なヘリウム(He)で満たしたメインチヤンバー3101(第31図参照)でおおわれており、第13図に示す如く、その露光室の中に、マスク2やウエハ3を保持するためのステージ装置1301、

ステージの位置計測を行うための計測光学系1312、ウエハ3とマスク2の相互位置ズレを測定するためのブリアライメントシステム1307、ファインアライメントシステム1302、ウエハ3に適切なX線露光量を与えるための露光シャッター装置1308、ウエハ3を供給あるいは回収するためのウエハ供給回収装置1303、ウエハ3を搬送するためのイジエクター1304、ウエハトラバーサー1306、ウエハ3の結晶方位を整列させるためのオリフラ校知ステージ1305、マスク2を収納するためのマスク収納装置1310、マスク3をマスクカセット1310から出し入れするためのマスクカセットローダー1309、マスク3をマスクカセット1310とマスク8ステージ1989(第19図参照)の間で搬送するためのマスク搬送装置1311などが収納されている。第84図に示す如く、メインチヤンバーは除振ベース8405に固定されている。除振ベース8401には3個のエアーサスペンション8402~4が接着しており、エアーサスペンション8402~4の一端は除振架台8401に固定してある。除振架台8401は前述の除

振ベース8405やメインチヤンバーを支持するための強固な構造体である。除振架台8401の下部には空気等を吹き出し、その圧力によって床面より浮上させる流体ペアリング(不図示)が取り付けてある。流体ペアリングは、露光ユニット全体の設置調整の時、床面に対する摩擦抵抗を減少するので、微小な位置決めを可能にする。

ミラーユニット101と露光ユニット102の間にビームダクト121が配置されている。このビームダクト121内には、第35図に示す様に、仕切弁3516, 3517、ベリリウム窓3512が配置され、各ユニット101, 102を気密遮断が可能な状態に接続している。ビームダクト121の途中は支持台123で床に設置してあり、またミラーユニット101とベリリウム窓3512の間に設置した真空排気ポンプで $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6}$ Torr程度の真空中に排気してある。

電気制御ユニット103はミラーユニット101、露光ユニット102、恒温制御ユニット104、排気ユニット105、給気制御ユニット106の制御や接

作入力卓として作用し、SORリング4との協調信号の授受、不図示の作業室出入口扉との保安信号の授受等を行う。恒温制御ユニット104はミラーユニット101や露光ユニット102などの発熱部品に対して熱流体を流通させる事で、それら部品からの発熱を吸収し、前述装置群の温度を一定に保つ作用を行う。排気ユニット105は、露光ユニットの排気を行い、また、ミラーユニット101、排気ポンプ122の制御を行う。給気制御ユニット106は、ミラーユニット101や露光ユニット102で使用される高圧空気、窒素ガス、ヘリウムなどの制御を行う。

以上が本発明の構成ユニットの作用についての簡略な説明である。以下にユニット化構成にする効果を説明する。SORリング4から放射されるSOR光の内のX線を用いた露光方法を考える場合、詳細は後述するが、X線の折り返しを制御するためのX線ミラー1401の役割は重要であり、X線ミラー1401無しでSOR-X線による露光は困難である。

X線ミラー1401の役割のうち、重要な点は、露

光に必要な波長のX線を選択できる。必要なX線強度分布を作り出す、また、適切なX線束を作り出す事でSORリング4と露光ユニット102間の距離を短くできるなどである。露光に必要な波長を選択する事で、マスク2のコントラストを確保でき、必要なX線強度分布を作り出せる事で熱的に寸法変化を生じない露光系が得られる。また、発散角を制御する事で実用的なSORリング4と露光ユニット102間の寸法が得られる。要約すれば、X線ミラー1401を用いる事で実用的なSOR露光システムが得られると言っても過言ではない。

SOR光を用いた露光システムを構成するためにSORリング4自体が露光システムに与える影響を考えてみる。一般的に、SORリング4の外径寸法は2m～数十m程度ありその重量は数十～300tに及ぶ。従って、露光システムはSOR光の出射方向に向って比較的自由に移動しながら位置を調整する必要がある。また、SORリング4の周囲には數十cm程度の厚さの放射線遮蔽壁が設けられる。

露光システムを考える場合、この壁は、SOR

リング4に近い程、浮遊放射線から遠ざかって同等な効果が得られるので、都合が良いと考えられる。現状のSORリングにおいては、この壁の位置がSORリングに近く接近しているものから、数m先方に設置されるものまでさまざまである。従って、露光システムにおいては、この壁がSORリング4とミラーユニット101の間、あるいはミラーユニット101と露光ユニット102の間のいずれにあって使用可能とすべきである。このような観点から、ミラーユニット、露光ユニット、恒温制御ユニット…等にユニット化する事で実用可能な露光システムが製作できる事が判った。以上がSOR光を用いた露光システムを構成するために必要な装置構成上の説明である。

次に、露光ユニットについて大まかな構成手段について述べる。

ミラーユニット101は、真空的に直接SORリング4上に連結する必要があるので、露光ユニット102とは独立した真空排気系を持つ。ユニット全体はSOR光に対して6軸(X, Y, Z, θ, ωx, ωy)

方向に位置合わせする必要がある。位置合わせの動作のうち、ミラーユニット101全体をX及びZ方向に移動できるようユニット底面に液体ペアリングを用いる。Y方向及びX, Y, Z軸に対する回転運動はX線ミラー1401に直結するミラー姿勢調整装置1406(第14回参照)で行う。直接、SOR光を受けるX線ミラー1401はその取付部付近に恒温被膜を流通する事で熱的な変形から遮れる。また、X線ミラー1401とSORリング4の間にはアバーチャ1409(第14回参照)を入れ不要なX線照射によるダメージから遮れるようにする。

露光ユニット102はSORリング4やミラーユニット101のSOR光軸に対して、ミラーユニット101と同様に、6軸方向に位置合わせする必要がある。このため、ユニットの底面に液体ペアリングを装着し、露光ユニット102のX, Z方向及びY軸回り回転(ω_r)に関する移動を容易にしてある。X及びZ軸回りの回転(ω_x, θ)運動やY方向の運動及び位置決めは、第84図に示すエアサスペンション8402～8404の圧力調整で行う。以

上が本ユニットの設置、調整に関する説明である。

本ユニット102には、SOR光が導入されるので、これが原因で生ずる問題解決手段が必要である。ユニット102の構成要素のうちメインチャンバー3101(第31回参照)の内部を真空中にできればある意味で問題は無いが、後述するように、マスクの発熱に対処するためメインチャンバー3101内を真空中にする事はできない。従ってSOR光とりわけX線を吸収する割合が低い事が判っているヘリウム(または、水素でも可能である)を充填する必要が生じた。これにより、真空中とヘリウムを分離するためのX線導入窓が必要となった。X線導入窓はペリリウムが適切である。ヘリウムやペリリウムのX線吸収は、電気エネルギーの減少を招くので、この損失を最少限度にすべきである。この要請の意味はヘリウムはできるだけ圧力を下げる、ペリリウムはできるだけ高くすると云う事である。ヘリウムの圧力は伝熱特性やX線が通過する距離から求められる。

後述する理由で、ヘリウムの圧力は100~200Torr、

0.001 μm~0.01 μm程度以下にする必要があるので、少なくともウエハ3の設置される場所の温度変化は0.01°C~0.1°C以内に維持する事が必要である。従って、本発明では、ウエハーの設置場所やその寸法管理が必要となる部分については、恒温流体を通過する事で、この問題の解決を計っている。また、露光システムにおいては、ウエハー上の所定の位置にマスクパターンを転写する必要があり、その位置決めの再現精度は、0.02 μm~0.05 μm程度が望まれている。この問題を解決する有効な手段はマスクとウエハを機械的に強固に密接あるいは相互固定する事であるが、この両者の間の機械的性には限りがある。両者の相互位置ズレは構成部材の温度変化あるいは外部からの振動などによる変形によって生ずるものである。

温度変化に対しては前述の恒温手段で対応できる。外部からの振動については、第84図に示す、除振ベース8406と除振板台8401の間に設けたエアーサスペンション8402~8404の作用によって振動の伝達を分断する構造で対応できる。当然、

その純度は99.99%程度とすべきである。ペリリウムの厚さは、ヘリウムの圧力と、その周辺の装置構成で定まる。後述するようなガス制御あるいは排気系を用いるとその厚さは20 μm程度にする事ができる。また、この時、X線が通過する距離は30cm以下程度にすべきである。ヘリウムの純度を維持するためにはメインチャンバー3101内部を真空中に排気(圧力 1×10^{-4} Torr程度)した後、ヘリウムを導入し置換する必要がある。その後メインチャンバー3101の内部に導入する不純物ガスは量少限度に止め、その漏れ込み量に対して前述の純度が保てるようヘリウムを度しつづけるよう給気制御ユニットを用いる必要がある。以上が露光露光形成方法に関する説明である。

次に精度の獲得手段について述べる。本露光システムでは、ウエハ上に30mm口程度の面積に対して露光する必要がある。一般的なシリコンウエハーの熱膨張係数は $4 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 程度である。30mmの長さで温度変化1°Cに対する寸法変化は0.12 μm程度となる。露光システムでは、この変化を

X線ダクト121と露光ユニット102の間には、ペローズの如き、軟らかい素材を用いてダクト121から露光ユニット102に振動が伝達して来る事を防止する構成にしてある。以上が露光精度獲得のため用いられた手段の説明である。

SOR光とりわけX線を用いた露光システムの構成方法の概略説明を以上で終る。なお、以下に本発明の露光システムについて詳細な設計方法や装置内容を説明する。

第13図は露光ユニット102の内部構造を説明する図である。この図では、X線を通過するペリリウム窓3512(第35回参照)からSORに対して下方の部分を示している。

本装置の目的は、マスク2上に設けた転写パターンを、ウエハ3上のレジストに所定の位置合わせを行いながら、X線を用いて焼付け転写する事である。また、転写パターンは30mm四方程度の面積であって、一方、ウエハは直径數十mmから直徑數百mm程度育るので、焼付け露光は所謂ステップアンドリピート露光を採用し、複数回に分けて繰

り運し行う必要がある。この時、マスク2とウエハ3の位置合せ精度は $0.01\text{ }\mu\text{m}$ ~ $0.05\text{ }\mu\text{m}$ と云つた要求があり、言うまでもなくこの数字は小さい程良い。また、1枚のマスクの転写パターンが、ウエハ上に複数回複付露光される事から転写パターンにゴミやキズ等の欠陥を生ずる事は許容されない。複数回の露光を行うため、マスク2とウエハ3の位置合せ動作や、露光以外のため消費される時間は、必要最小限にする必要がある。従って、本装置を構成するため特に留意されるべき点は、高精度の確保、ゴミを発生しない、ムダ時間を生じない等の合理的なマスク2やウエハ3の搬送装置を提供することである。

前述留意点に配慮して構成された発光ユニット 102 の内部構造について説明する。

ステージ装置1301の主な機能は、ウェハ3やマスク2を保持、あるいは位置決めする事であり、露光ユニット101を構成するための中心的部材である。本ステージは、SOR光の光軸に対してウェハ3を垂直に維持しながら、 $0.01 \mu\text{m}$ 以下の位置決

ライメント用照明光源、電気回路、駆動アクチュエータなど発熱する部分周辺には伝導熱体を接通し、温度変化を生じない構造にしてある。

ブリアライメントシステム 1307 の主な機能は、
組入されたウエハ 3 のステージ装置 1301 に対する
位置を測定する事である。このブリアライメント
システムによって、ウエハ 3 のステージ装置 1301
に対する 6 軸 (X, Y, Z, θ, ωz, ωy) 方向
の位置が測定される事で、ファインアライメント
システム 1302 の測定時間を短縮できる。また、ブ
リアライメントシステム 1307 の測定値によって、
ウエハ 3 がマスク 2 に衝突しないようステージ装置
1301 を制御する事が可能になる。本システム 1307
は、ステージ装置 1301 の上面に取り付けてあり、
発熱部品周辺には恒温液体を流通し、システムの
作動による温度変化を生じないようにしてある。ま
た、光路は、大きな発熱体であり、かつ比較的消
耗しやすいので、ブリアライメント用光源を容易
に交換できるよう、また発熱の影響が最少となる
ようメインチャンバー 3101 の外壁に設置し、オ

め分解能を持って、ウエハ3を3次元(X, Y, Z)的に移動する。ステージはゴミや発熱、振動を最少限度にすべく、流体軸受案内と弾性リンクによる移動案内で構成してある。駆動手段や流体軸受案内等、温度変化を生ずる部分については、その周辺に恒温液体を流通する事で温度変化を生じない構造にしてある。また、本装置1301には、その他の構成サブユニットが取り付くので、マスクとウエハ間の剛性を最低限有効振動数で200~300Hz程度に設計してある。

ファインアライメントシステム1302の主な機能はウエハ3とマスク2の相互位置を検出する事である。ファインアライメントシステム1302は、ウエハ3とマスク2の相互位置を3次元(X, Y, Z)的に検出する光学装置(詳細は後述する)と、その光学装置を移動する手段で構成され、露光X線をさえ切る事なく露光X線束の周囲に設置されている。また、ステージ装置1301に取り付けてある。本システム1302はステージ装置1301上に育って、マスク2に近接しているため、ファインア

ブチカルフアイバーを用いて必要なスペクトルのみで装置内に導入している。

露光シヤツター装置 1308 の主な機能は、X 線を遮断あるいは透過させる事で露光エネルギーを制御する事である。ところが、本露光システムにおいては、SOR リング 4 から放射される X 線をミラー 1401 (第 14 図参照) で必要な形状に整形して露光している。この時 SOR 光の放射特性から Y 軸方向に強度ムラが発生する事を許容した方が、SOR 光の利用効率が高い事は前述した。従って、Y 方向の強度ムラを平均化させる手段として、露光シヤツター装置 1308 は有効に作用する必要がある。

前述の理由により、シャツター形態をフォーカルプレーンとした。また、露光シャツター装置 1308 が作動する時は、ウエハ 3 とマスク 2 は $0.01 \mu m$ オーダーで位置合わせが成されて居るため、振動の発生は極力避けるべきである。従って、シャツター膜（第 16 図に示すスタイルベルト 1513, 1517）はエンドレスの帯状とし、露光装置による振動の

発生を最小にする構造にしてある。また、取付け場所もメインチャンバー3101の壁とする事で、マスク2とウエハ3の位置合せ精度におよぼす影響を最少限にしてある。本装置1308でも熱が発生する部分には、恒温液体を流通し、温度変化を生じない構造にしてある。

オリフラ検知ステージ1305の主な機能は、搬送途上のウエハ3の結晶方向やウエハ3の中心位置を計測し、ウエハ3の回転方向やステージ装置1301に対するウエハの中心位置を所定の位置に定める事である。このステージ1305はX及びY方向に独立して移動可能な複数の直線ステージと、そのいずれかのステージに設置された回転ステージ（回転ステージはウエハを回転保持できる手段を有する）と、ウエハの端部位置の寸法を計測可能な光学装置で構成してある。ステージ1305はステージ装置1301に対する相互位置関係が重要なため、ステージ装置1301に直接取り付けてある。また、駆動アクチュエータなどの発熱部品に対しては、恒温液体を流通させる事で温度変化を生じない構造にしてある。

ことである。イジエクター1304は、ウエハ3を回転保持するハンドのウエハ保持面を水平から垂直に、あるいは、その逆に動かす事が可能であり、そのハンドはX（又はZ）方向に移動可能であり、かつY軸の回りに旋回する事ができる構造にしてある。イジエクター1304はチャンバー3101の壁面に取り付けてある。また、発熱部品は恒温水を流通する事で、温度変化を生じない構造にしてある。

ウエハ供給回収エレベーター1303の主な機能は、ウエハの入ったウエハキヤリア、又は、空のウエハキヤリアを上下（Y軸方向）にステップ運動し、ウエハの供給又は回収をする事である。ウエハ供給回収エレベーター1303は、後述の如く、ゲート弁で仕切られたチャンバーに取付ける。この時、ゴミに対する配慮から駆動部分は大気中に設置する。

マスクカセット1310はマスクを20枚収容可能な収納チャンバーである。マスクカセット1310は、マスクが大気に触れないよう気密構造にしてある。

にしてある。

ウエハトラバーサー1306の主な機能は、オリフラ検知ステージ1305からステージ装置1301まで、ウエハを搬送（あるいはその逆）する事である。ウエハトラバーサー1306はオリフラ検知ステージ1305上及びステージ装置1301のウエハ着脱位置でZ方向に動作し、また、オリフラ検知ステージ1305からX方向に動作する。複数のウエハハンドは供給と回収のそれぞれ専用であり、両者は相互にX軸に因して逆方向に移動する。ウエハトラバーサー1306の各ハンドは、ステージ装置1301上で定めた位置に停止する必要があるので、ステージ装置1301の部材に直接取り付けてある。また、駆動アクチュエータ等の発熱部品には恒温液体を流通して温度変化を生じない構成にしてある。

イジエクター1304の主な機能は、ウエハ供給回収装置1303上に設置されたウエハキヤリアに対してウエハ3を取り出し又は収納し、また、ウエハ3をオリフラ検知ステージ1305に対して着脱する

マスクカセットローダー1309の主な機能は前述マスクカセット1310を保持し、マスクカセット1310を開き（または閉じ）、指定されたマスクをマスク搬送装置1311が授受できる位置に設定する事である。マスクカセットローダー1309は、後述の如く、ゲート弁で仕切られた容器に直接取付けてある。

マスク搬送装置1311の主な機能は、マスク2をマスクカセット1310とマスクチヤック1903（第19図参照）の間で搬送する事である。マスク2は破損し易いので、衝撃を発生しないよう、また振動などによるゴミを発生しない様、また、特にマスクチヤック1903に設置する場合、マスク2に機械的な変形を与えない等の点に配慮してある。以上の配慮すべき諸点を解決するために最も重要な点は、マスク2を保持するハンドの軌跡を極力正確にする事である。ハンドはX方向に移動可能な移動台の上でZ軸回りに旋回する。この時、左右の回転停止位置でストップピンに定位押し当てを行う。X軸方向の運動に対しては、光学的な位置検出と、

精緻な送りの得られる駆動を行う等の手段で、正確な運動軌跡を得ている。

計測光学系1312の機能は、シリアル駆動ステージ1899(第17回参照)の位置を計測する事である。計測光学系1312は、ステージ装置1301のメインフレーム1701(第17回参照)を原点の基準点にし、マイケルソン干渉計を基本としたレーザ光源による干涉測定器を有している。この計測光学系1312では、レーザ光源と受光器をメインチャンバー3101の外部に設置している。途中の光学窓はメインチャンバー3101に対して気密状態で取り付けである。レーザ光源、受光器共にメインフレーム1701に直接取付ける事で光軸の機械的変形から逃れている。

以上が露光ユニット102を構成するサブユニット類の機能と代表的な構造の説明である。次に前述のサブユニット類の構成について特徴を述べる。

2方向に関して、ステージ装置1301のマスク0ステージ1999の後方がマスク2のパターンをウエハ3に転写する位置である。本装置では、この転写

する位置で最も精度が得られる構成が選択される。この場合、重要な精度はマスク2とウエハ3の相互の位置関係であり、これが最も少くなるべきである。これに影響を与える調整要因は種々考えられるが、精度向上のためには、先ず計測光学系1312の安定度を確保する事が重要である。また、ステージ装置1301のY方向案内軸の中央付近に、この転写位置が来ないように配置すると、ステージの剛性が高まるので、この転写位置をY軸方向に離してステージ装置1301の可能範囲の中央より上方に設定している。こうした事で、計測光学系1312の干渉計からステージの位置計測用ミラーまでの距離を短くする事が可能となり、チャンバー内雰囲気が計測精度に及ぼす影響を低減できる。また、ステージの動作距離はY軸の方をX軸のそれよりも長くなるようにしている。これは、Y軸方向については、カウンタバランスやモーメントバランスを取り扱い易い点を考慮したためである。

このような観点から、ステージ装置1301の形状はY軸方向にタテ長とし、フレーム1701(第

17回参照)の図示上面(Y軸方向に関して上方の面)に計測光学系1312を設置した。また、転写位置は許容される限り、図示上方に設定した。このような配置にする事で、マスク2やウエハ3の上方に可動部品が少くなり、ゴミの落下などの問題が無くなったり。また、このような配置により、マスク搬送装置1311、オリフラクションステージ1305、イジエクター1304、ウエハドライバー1306等は必然的に転写位置に対して、図示下方に設置される事になり、これらサブユニットからの発塵に対して有効な配置を得る事が可能となっている。

最後に、この図において、2604はAAフレームである。AAフレーム2604はメインフレーム1701とマスク0ステージ1999やファインアライメントシステム1302の間を連結する構造部品である。

第14図はSORを転写方向に拡大し、露光領域を一括に照射するための照明光学系の一部の実施例を示した図である。1401はSORを転写方向に拡大する凸のシリンドリカル面を反射面としているX線ミラーである。X線ミラー1401はSICあ

るいはSiO₂、あるいはSiCやSiO_x上に構成された、Au、Pt等の膜を材料として、その反射面が構成されており、露光に供するX線の波長の領域で、反射率が十分大きくなるように、高精度に加工されている。1402はX線ミラー1401を支持するミラー基台であり、1404はミラー基台1402中に設けられた放熱流路である。流路1404には温度管理された放熱板を設置させる。SORはX線ミラー1401の反射面で一部吸収され、そのエネルギーは熱になる。

1413は例えばインジウム等の導体によってなる熱結合材であり、X線ミラー1401の反射面の裏面とミラー基台1402のミラー支持面との間にさまれ、それぞれの面に密着している。これによつて、X線ミラー1401からミラー基台1402への伝熱抵抗が小さくなり、SORの吸収による熱を、放熱流路1404中を還流する波導にスムーズに流すことによって、X線ミラー1401の温度上昇を小さくする。

1403はX線ミラー1401をミラー基台1402に

押圧しているミラー保持部材である。1414はX線ミラー1401を抱いたミラー基台1402を支持する支持部材であり、内部にミラー基台1402に設けられている液導流路1404に繋がる管が設けられている。1405は金属製のペローズであり、一方は真空チャンバー1408、他方は支持部材1414に連結されている。1408は複数の自由度を有するX線ミラー1401の姿勢調整装置であり、支持部材1414と堅密に結合される。ペローズ1405は、ミラー姿勢調整装置1406によってX線ミラー1401を移動調整する際に、真空チャンバー1408と支持部材1414との相対的な変位を吸収する。

1407はミラー姿勢調整装置1406を堅密に支持するフレームである。真空チャンバー1408とフレーム1407はそれぞれ独立に不図示の台上に固定されており、大気圧や密度の変動に起因する真空チャンバー1408の変形はX線ミラー1401の姿勢に影響をおよぼさない。従って、真空チャンバー1408の剛性を小さくすることができ、質量を軽くすることができる。1411は真空チャンバー

1408内を高真空に維持する排気ポンプ1412に繋がる排気ポートである。

1409はSORが不要時にX線ミラー1401に照射されるのを遮断するシャッターであり、X線ミラー1401がSORに照射される時間を短くすることによって、X線ミラー1401の放射線損傷を少なくするのに役立っている。X線ミラー1401はその反射面を下向きにして支持され、第10図(a)に示すように、反射面の円筒軸が水平になり、かつSORの中心軸が反射面に対して10mrad~30mradの角度を持つように設定される。

次に、露光シャッター装置1308について説明する。本発明における露光シャッターは、先にも述べたように、光源強度変化、レジストの種類の違いによる感度の変化等に応じて露出時間を制御する機能だけでなく、X線ミラー1401によって反射されたSOR-X線のY方向の強度分布、分光特性に応じてローカルな露光時間を制御し、レジストのエネルギー吸収量を露光面角全面にわたって一定とする機能をも有している。

第15図は露光シャッター装置1308およびその構造を説明する上で必要となる要素を斜視図により模式的に示したものである。また、第16図は、第15図において省略されている、ウエハ2と露光シャッター装置1308の間にさまれているファインアライメントシステム1302と、マスク3を横断面よりながめ、これらのX線1の光軸方向に跨する配置関係を示したものである。

本実施例においては、露光シャッター装置1308は、2つの同一のユニットすなわちメインシャッターユニット1501、補助シャッターユニット1502より構成されている。露光ビームであるX線1は、第15図に示されるように、非露光時にはステンレス製のステイベルト1517によって遮光されているが、露光時にはステイベルト1517に開けられた長方形の開口部である前方露光アバーチャ1530と、概略これに対向する位置に移動する後方露光アバーチャ1533を通過して、背後に設けられているメインシャッターユニット1501に到達する。メインシャッターユニット1501の

ステイベルト1513にも、補助シャッターユニット1502のステイベルト1517と同様に、2つの開口部すなわち前方露光アバーチャ1530と後方露光アバーチャ1533が設けられている。前述したY方向のローカルな露光時間を制御する機能はY方向の各点において、メインシャッターユニット1501の露光アバーチャ1530の先エッジ1531が通過し、後エッジ1532が通過するまでの時間を異ならせ、Y方向の各点において、レジストのエネルギー吸収量が一定かつ過正量であるよう制御することによって達成される。

ステイベルト1517はアクチュエータユニット1518によって駆動される駆動ドラム1515と、アイドラム1516の2つのドラムによって駆られ、ステイベルト1517内面と駆動ドラム1515表面の摩擦によって駆動される。駆動ドラム1515には、ステイベルト1517を蛇行無く安定駆動するために、ドラム幅中央部を端部に比べ50μm~100μm程度径を太くし、いわゆるクラウニングを施している。ステイベルト

ルト1517の端部近傍に設けられた小さな長方形状の開口部は、タイミングアーチヤ1534、位置検出アーチヤ1535で、それぞれ、反射型のタイミングセンサ1536、フォトインシラブタ1537と共に動作し、あらかじめ決められた駆動パターンでアクチュエータユニット1518を駆動する際のスタート信号を発生したり、SOR-X線1が通過している状態か、遮光されている状態かを検出するのに使われる。アクチュエータユニット1518は、モーターとこのモーターを密閉するように構成されるアルミ合金製のケーシングから成る。このアルミ合金製のケーシングには水路が設けられており、モーターより発生した熱は不図示の配管を経て、チタンバー外に排せき出される。また、このケーシングはモーターに使用されているオイルや、接着材料、給受材料から発生するパーティクルの電光界囲気への飛散を防止する効果がある。

メインシャッターユニット1501の機械構成は、以上説明してきた補助シャッターユニット1502の構成と同じなので、説明を省略する。

インシャッターユニット1501、X線ディテクタ1551、X線照度計1541のX線光軸方向の配置は第16図に示される通りで、とくにメインシャッターユニット1501は、後に詳細に説明するファインアライメントシステム1302に近接する位置に配置される。

第17図はマスク、ウェハアライメントステージの全体構成を表わし、特ににはステージ本体1301及び計測光学系1312を示した図である。

同図に於いて、1701はステージ全体の基台となるメインフレームで、このメインフレーム1701に取付けられた一对のY駆動ガイドバー1706にY駆動ステージ1705が静圧案内されて上下に可動となっている。該Y駆動ステージ1705は、自重を相殺する目的で、一对のバランスベルト1708を介してメインチヤンバー3101に取付けられたバランスシリンダ1709と連結されており、前記メインフレーム1701に取付けられたY駆動用電動シリンダ1707により駆動、位置決めされる。

さらに、Y駆動ステージ1705上に取付けられ

1551は駆動ステージ1804(第18図参照)に取り付けられたX線ディテクターである。前述の2つのシャッターユニット1501、1502を開放状態にして、Y駆動ステージ1705(第17図参照)を駆動して、X線ディテクター1551を電光面角内をY方向に走すれば、X線強度プロファイルを計測することができる。この計測データをもとに、アクチュエータユニット1514の駆動テーブルが作成され、電光領域でレジストのエネルギー吸収量が一定となるような補正駆動が行われる。

1541はX線光軸に直交するX方向に移動可能なキャリッジ1542に固定支持されたX線照度計で、通常は電光面角から離れた位置に停機しており、計測時のみ電光面角内の所定の位置に移動し、X線の強度計測を行う。キャリッジ1542はスティールベルト1544、駆動ブーリー1546、アイドロブーリー1548、アクチュエータユニット1547から構成される駆動系により移動、位置決めがなされる。

以上説明した補助シャッターユニット1502、メ

た一対のX駆動用ガイドバー1711に、X駆動ステージ1710が静圧案内されて左右に可動となっている。このX駆動ステージ1710は、Y駆動ステージ1705に取付けられたX駆動用電動シリンダ1712により、駆動、位置決めされる。X駆動ステージ1710上には、ウェハ3の微細位置決めをするウェハ駆動ステージ1899と、レーザ測長用ミラー1810が載置されている。

前記メインフレーム1701に取付けられたAAフレーム2604には、マスク9ステージ1999が載置されている。メインフレーム1701はフレームコネクタ1704を介して前記メインチヤンバー3101に接続され、ステージ全体はメインチヤンバー3101内に収まる。

次に、レーザ測長系について説明する。メインフレーム1701の上部に支持され、前記メインチヤンバー3101外に設置されたレーザヘッド1720a、bから放出されたレーザ光は、分配ユニット1721によりX、Y方向に分配され、一方は前記AAフレーム2604に取付けられたX軸用干渉計ユニッ

ト1722に入射し、折り曲げられて、レーザ測長用ミラー1810で反射され、レシーバ1725aに入射し、X軸方向のウエハ搬動ステージ1899の位置を計測する。他方はメインフレーム1701に取付けられたY軸用干渉計ユニット1723に入射し、折り曲げられて、レーザ測長用ミラー1810で反射され、レシーバ1725bに入射し、Y軸方向のウエハ搬動ステージ1899の位置を計測する。

第18図はウエハの搬運動位置決めを行うウエハ搬動ステージ1899の構成を表わしている。ウエハ搬動ステージ1899は第17図に示したX搬動ステージ1710上に設置されている。

同図において、1802、1803、1804はそれぞれY、X、θ方向に板バネ支持され、Y、X、θ方向に微細に移動可能なY搬動ステージ、X搬動ステージ、θ搬動ステージであり、剛性を高める為にX搬動ステージ1710をZ方向に固してサンドイッチする様に、同じ形状のものが配置され、それぞれが連結板1809にて連結されている。Y搬動ステージ1802はY駆動用ピエゾ素子（図示せ

ず）によりY方向に駆動され、X搬動ステージ1803はX駆動用ピエゾ素子1811によりX方向に駆動され、θ搬動ステージ1804はθ駆動用ピエゾ素子1812によりθ方向に駆動される。さらに、各軸にはY搬動用ダンパ（図示せず）、X搬動用ダンパ1817、θ搬動用ダンパ1818が配置しており、振動減衰を早めている。

1805はθ搬動ステージ1804より、3枚のZ支持板バネ1808によって、Z、ωz、ωy方向に柔、それ以外の方向に剛に支持されたZテルトステージである。Zテルトステージ1805は、3つのZテルト駆動用インチワーム、1813及びZテルト駆動用テコ1819（それぞれ一つのみ図示）を介して、3点が独立にZ方向に駆動される。この際の移動量はZテルト駆動用変位センサ1820により計測され、正確なZ及びωz、ωy方向の位置決めを行う。

1806は前述のZテルトステージ1805よりペアリングを介して支持されたθ搬動ステージであり、θ搬動ステージ1806は2つのθ駆動インチワームクランプ1816、2ヶのθ駆動用インチワームクラ

ンパ用ピエゾ素子1814（いずれも一方は図示せず）及び1ヶのθ駆動インチワームブッシュ用ピエゾ素子1815により駆動される。θ搬動ステージ1806にはウエハチャック1807が着脱可能に取付けられており、ウエハチャック1807には温度調節の為に恒温液体が供給されるウエハチャック恒温用配管1823及び恒温液体が排出されるウエハチャック恒温用配管1824が結合しており、さらに、ウエハ3を真空吸着する為の真空チャック用配管1822も結合されている。

1810はX、Y、θ、ωz、ωyの移動量をレーザ測長、測角システムにて測定する為のレーザ測長用ミラーであり、Zテルトステージ1805に取付けられている。レーザ測長用ミラー1810上には、機械原点となる直標基準マーク1821が載置されている。

第19図はマスクθステージ1999の構成を表わしており、同図に於いて、1901はステージ1999の基台となるマスクθステージベース、1902はマスクθステージベース1901に対し、マスク2を面

内回転方向（θ方向）にのみ振に、他の方向には剛に支持する放射状の板バネ、1903はマスク2を着脱自在にする為のマスクチャック、1904、1905はマスク2を機械的に位置決めする位置決めピン及び位置決めソプロック、1906はマスクθステージベース1901に対するマスク2の相対的回転角度を近似的に円周方向の直線変位で測定する為の変位センサ、1909はマスクθステージ1999の駆動変位位置であるところのピエゾ素子、1908はピエゾ素子1909の変位を拡大するテコ拡大機構、1910はテコ拡大機構1908により拡大された変位を円周方向以外に蓄力伝えない様に伝達する弾性カツプリング、1911はマスクθステージ1999の振動を減衰させるダンパである。

第20図に示すレーザ測長光学系は、露光中心軸（SOR-X線1の光軸）を基準にウエハ搬動ステージ1899の姿勢、位置について、マスク2とウエハ3のギヤアップ方向（Z方向）以外の5自由度、すなわち、位置X、Yと姿勢（角度成分）θ、ωz、ωyおよびメインチャンバー3101内の圧力、濃度

によるレーザ波長の変動を計測する機能を持つ。

このレーザ測長光学系において、レーザヘッド1720(a, b)は本来1本で良いが、レーザ出力が小さいため2本を使用することにして、測長用と測角用に分けている。測角系の測定レンジは10°パルス位、測長系においては10°パルス位であり、レーザ波長の変化は10⁻⁴オーダであるため、測角系の測定誤差は最大10⁻⁴パルスと無視出来るが、測長系においては最大10⁻³オーダの誤差が発生するため、測長系のみ波長補正を行っている。このため、エーブレングスコンベンセータ1724は測長系の光路に入っている。

レーザヘッド1720a, bおよびレシーバユニット1725は大気中にあり、メインチヤンバー3101内の密閉を保つためペローズ等によりシールされた遮蔽体によりメインフレーム1701に固定されている。また、レーザ光はメインチヤンバー3101に取付けられたガラス窓2011a, b, cにより、メインチヤンバー3101内外を出入りする。

レーザヘッド1720から出て来たレーザ光をX

方向、Y方向に分ける光路分配ユニット1721、Zチルトステージ1805のX方向位置を測定するブレーンミラー干渉計2004bおよびY軸回りの回転成分のYを測定する測角干渉計であるディファレンシャル干渉計2008cおよびレーザ波長補正を行うためのエーブレングスコンベンセータ1724へ光を分岐するハーフミラー-2002aを有しているX用干渉計ユニット1722、同様にY方向位置を測定するブレーンミラー干渉計2004aおよびZ軸回りの回転成分Zを測定するディファレンシャル干渉計2008aおよびX軸回りの回転成分のXを測定するディファレンシャル干渉計2008bを有しているY用干渉計ユニット1723、エーブレングスコンベンセータ1724はメインチヤンバー3101内にあり、メインフレーム1701に固定されている。

以下に基本動作を測長系と測角系でわけて説明する。まず測長系を説明する。測長用レーザヘッド1720aから出たレーザ光は、ベンダー-2001aによりY方向に曲げられ、Y方向位置を測定するブレーンミラー干渉計2004aに入射する。ブレーンミラー干渉計2004aには測定対象であるZチルトステージ1805に搭載されているレーザ測長用ミラー-1810と、マスク3の近くでAAフレーム2604に固定されているリフアレンスマラー-2007aとの相対位置を計測出来るように、折り曲げミラー-2005aと入/4板2006aが付加されている。干渉光はガラス窓2011bを通過してレシーバ2010bにより受光され電気変換される。

33%ハーフミラー-2003aから直進した光は、50%ハーフミラー-2002aにてエーブレングスコンベンセータ1724、例えばZygo社Model 7056とベンダー-2001cに分れる。コンベンセータ1724に対してはレシーバ2010cが設けられている。また、X測長系は前記のY測長系と同様なブレーンミラー干渉計2004b、ミラー-2006b, 2007b, 1/4板2008b、レシーバ2010bを有している。

次に、測角系を説明する。測角用レーザヘッド1720bから出たレーザ光は、ベンダー-2001dによりY方向に曲げられ、ガラス窓2011aを通過してメインチヤンバー3101に入射される。この後、ベンダー-2001eにより光路変更され、33%ハーフミラー-2003bによりY方向に分岐された光は、ベンダー-2001fによりY, Z測角用ディファレンシャル干渉計2008cに入射される。この干渉計2008cはレーザ測長用ミラー-1810とX用干渉計ユニット1722に固定されている角度測定用リフアレンスマラー-2009cの相対角度を測定するもので、例えばZygo社のDPMI (MODEL7015) を用いる。干渉光はガラス窓2011cを通過してレシーバ2010fに受光される。ハーフミラー-2003bからの直進光は、ハーフミラー-2002b、ベンダー-2001gで2つに分けられた後、前記と同様の干渉計2008a, b、角度測定用リフアレンスマラー-2009a, b、レシーバ2010d, eを用いて、YおよびZを測定するのに使用される。

次に、第21図によりプリAA/AP光学系につ

いて説明する。

プリアライメントシステムの機能としては、大別して、ウェハ3のX、Y方向の位置を検出する機能（以下、プリAA）と、ウェハ3のZ方向の位置を検出する機能（以下、プリAF）に分けられる。プリAA光学系とプリAF光学系の機能を述べると、以下の様になる。

まず、プリAA光学系は、①検出されるファインアライメントシステム1302の負荷を軽減するため、ファインアライメントシステム1302によるアライメントに先立って、ウェハ3のX、Y方向の位置を検出可能とする、②ファインアライメントシステム1302によってアライメントを行った時に異常が発生した場合に、ウェハ3上のアライメントマークを目視により観察可能とする、である。また、プリAF光学系は、①前記プリAA光学系の焦点深度内にウェハ3を設定するために、ウェハ3のZ方向位置を検出する、②ファインAA位置へ移動する際のウェハ3のZ方向位置を補正可能とする、である。

通過し、780～840nm程度のS極光が反射する特性としている。更に、対物レンズ2106は前述の入射瞳位置に対し、テレセントリックな系となっている。以上が、照明系部分を構成している。

ウェハ3上の像は、対物レンズ2106、ダイクロイツクミラーブリズム2116、4分の1倍長板2109、屈光ビームスプリッタ2115を通過し、ハーフミラーブリズム2114で分岐される。そして、通過側は低倍及び高倍リレーレンズ2105、2104にて、白黒カメラセンサ2117上に結像される。尚、対物レンズ2106からリレーレンズ2105までの光路はアフォーカル部とし、相互の位置設定許容度が増すことと、中間部のブリズム面反射によるゴーストの影響を緩和する点で好ましい。また、リレーレンズ2105と2104を設け、その間で結像が1回行われる構成とすることで、暗視野時の直接光を遮る開口絞りを設けることができる。一方、半透鏡2114の反射側の光は、折り曲げミラー2112で反射され、高倍リレーレンズ2107、折り曲げミラー2113、耐真空窓2110を経てカラー

第21図において、2101はライトガイドであり、不図示の光源（例えばハロゲンランプ）の光を導き、コンデンサレンズ2102側の端面が2次光源となる。コンデンサレンズ2102は前記2次光源の光を開口絞り2108上に集める。2103は連結レンズであり、折り曲げミラー2111、屈光ビームスプリッタ2115で反射させ、4分の1倍長板2109、ダイクロイツクミラーブリズム2116を通過させた後、開口絞り2108の像を対物レンズ2106の不図示の入射瞳上に結像する。ここで、絞り2108は明視野用と暗視野用いずれも使用可能である。尚、ライトガイド2101から出射する光はランダム偏光光の為、屈光ビームスプリッタ2115と4分の1倍長板2109の組み合わせにより、光量ロスは50%におさえられる。但し、光量的に余裕のある系の場合は、半透鏡の利用でも良く、この場合の光量ロスは75%以上となる。

また、ダイクロイツクミラーブリズム2116はプリAF光学系を導入する目的のものであり、反射面は多層膜により、400～700nmのP.S偏光が

カメラセンサ2118上に結像する。以上が結像系である。

2119は780～840nm程度の波長を有する半導体レーザ（LD）であり、コリメータレンズ2120で平行光を得る。前記光は一概に直線偏光であり、偏光面の向きを合わせ、ダイクロイツクミラー2116で反射させることができる。そして、対物レンズ2106を通過し、ウェハ3にて反射し、再度対物レンズ2106を通過した後にダイクロイツクミラー2116で反射し、折り曲げミラー2121、2122、受光レンズ2123を介して、センサ2124に導かれる。センサ2124には、例えば1次元のPSDが用いられる。

以上がAF系の構成であり、AF原理、方式に関しては特公昭62-51442号公報に開示されるものが用いられる。

第22図はプリアライメントシステム1307の外観図を示している。このプリアライメントシステム1307は、第22図に示す様に、プリAAチャンバー3106内に収納されている。第21図で説明し

た光学系は、それぞれ金属のブロックに固定され、ブリAAベース2203に取付けられている。さらに、ブリAAベース2203は取付けアングル2204に支持され、取付けアングル2204はAAフレーム2604(第19回参照)に固定されている。

ハロゲンランプの光を導く光ファイバー2101は、光ファイバーフィードスル-2201により、ブリAAチヤンバー3106内に待ち込まれている。耐真空室2110は不表示のOリングにより気密にブリAAチヤンバー3106に取付けられている。また、カラーカメラ2118もブリAAチヤンバー3106に取付けられている。

次に、ファインアライメントシステム1302について説明する。ウエハチヤツク1807に設置されたウエハ3の位置を計測するアライメントシステムをブリアライメントシステム1307と呼んだのに対し、露光に先立って最終的にマスク2とウエハ3のアライメントを行なうアライメントシステムをファインアライメントシステム1302と呼ぶ。ファインアライメントシステム1302の機能は、前述

て説明する。

第23図は第24図に示されたピックアップ2401に内蔵されている主要部品の構成配置を示したものである。2301はアライメント用ビームの光路となる半導体レーザで、露光用の記録を有する不表示の金属ベースに固定されている。半導体レーザ2301より出射した発散角を有するビームは、コリメータレンズ2302により平行ビームに成形され、さらにビーム縮小レンズ2305によりマスク2面上で平面鏡となり、ビームウエストを形成するよう露光される。2306は配置の都合上ピックアップ基盤2402(第24回参照)に平行に配置されたビーム縮小レンズ2305より出射された投光ビーム2307を露光ホール2430を通りマスク2の面上に導びくための折り曲げ用ミラーである。マスク2及びウエハ3上のアライメントマーク2332により回折および反射したビームは、1度露光ホール2430内で空中像を結出し、リレーレンズ2310によって、このリレーレンズ2310を中心とし、前記鏡像点とは反対側の対称な位置に設けられた2ライ

したマスク3上のパターンとウエハ3上のパターンの面内方向(X, Y, θ方向)のズレ量を検出する機能(以後AA機能)だけでなく、マスク2のメンブレンとウエハ3表面のギャップ量を検出する機能(以後AF機能)を有している。

第24図はファインアライメントシステム1302を斜視図により模式的に示したものである。ファインアライメントシステム1302は、第19図に示されるマスク8ステージベース1901のマスクチヤツク1903と反対側の面に展開されており、第16図に示されるように、マスク8ステージベース1901と露光シャツァー装置1308にはさまれる位置にある。

ファインアライメントシステム1302は、その機能から大別して、マスク2とウエハ3の面内方向のズレ量や、ギャップ量を検出するピックアップ2401と、このピックアップ2401をアライメントマークの位置に対して移動し、位置決めを行うピックアップステージ部2411の2つに分けられる。まず、第23図を使ってピックアップ2401につい

ンセンサ2320上に再び結像する。この2ラインセンサ2320の一つの基板上には、アライメントマーク2332のズレ量を検出するAAセンサ2321と、ギャップ量を検出するAFセンサ2322の2つのラインセンサが作りこまれている。

第23図に示すように、アライメントマーク2332に投光される投光ビーム2307も、2ラインセンサ2320に結像する受光ビーム2308も、X線1の光軸2309に対して角度を有している。ピックアップ2401は斜めからアライメントマークを見込むように配置され、露光ビームたるX線1とピックアップ2401の干渉を避けている。このピックアップ2401と受光ビーム2308、投光ビーム2307、X線1の関係は第16図にも示されている。この様に構成することにより、アライメント時、露光時を問わざピックアップ2401を固定しておくことが可能となる。なお、アライメント時のピックアップ2401とX線1が干渉する場合には、露光時に露光ホール2430内からピックアップ2401を退避する必要があり、ピックアップ2401の移動・

位置決めによるスループットの低下を招くこととなる。

1つのピックアップからは、1つのアライメントマーク 2332 の1方向のズレ量と、1点のギャップ量が検出されるだけなので、アライメントマーク 2332 の面内方向のズレ量とズレ方向、そしてアライメントマーク 2332 自身の回転を検知したり、或は、マスク 2 に対するウェハ 3 のティルトを計測するには、最低3ヶのピックアップによる計測が必要となる。本実施例においては、露光パターンを囲む4辺のスライブライン 2331 上に設けられる各アライメントマーク 2332 に対応するように、互いに 90° づつ位相をずらした4ヶのピックアップを配置する構造をとっている。第24図には、4ヶのピックアップ 2401 が露光ホール 2430 を囲んで配置される状態が示されている。

次に、先に大別した3つの機能のうちの残りの機能、すなわちピックアップ 2401 をアライメントマークの位置に応じて移動し、位置決めを行うピックアップステージ部 2411について説明する。

イン上のアライメントマークに対して、露光ビーム 2307 をアクセス可能なストロークを有している。 α 方向、 β 方向アクチュエータユニット 2415、2416 は、直流モーター、ローラリーベンコーダー、減速機を複数配管を有するアルミ合金製のケーシングで密閉した構造を有しており、露光シャッター装置 1308 のアクチュエータユニット同様、モーターおよび減速機で発生した熱は不図示の配管を通じ、チヤンバー外に持ち出される。

ピックアップステージ 2411 の最上層の β 方向位置決めステージ 2413 には、ピックアップ 2401 とピックアップステージ 2411 を接続するピックアップ支持部材 2421 が取りつけられている。このピックアップ支持部材 2421 はピックアップ 2401 の底面がピックアップ基準面 2402 より 100 μm 程度浮上した状態に支持するもので、この状態でピックアップステージ 2411 の移動、位置決めを行うが、アライメント計測の際には、ピックアップ 2401 をピックアップ基準面 2402 に密着固定する。このためピックアップ支持部材 2421 は又

ピックアップステージ 2411 の基本的な構造は、一般的な2軸ステージと同じ構造をとっている。すなわち、直動案内を組み込んだ2つの滑塊体を互いに直交させて積み重ね、各軸をそれぞれ別のアクチュエータで駆動している。アクチュエータには一般にモーターが使用され、モーターの回転運動はねじ棒とナット等の伝達機構で直線運動に変換される。第24図において、露光ホール 2430 に対してピックアップ 2401 を直線方向に移動する軸を α 軸、接線方向に移動する軸を β 軸とすると、ピックアップステージ 2411 はピックアップステージ 2411 をマスク 8 ステージベース 1901 に固定するための固定ステージ 2414、 α 方向アクチュエータユニット 2415 により駆動される α 方向位置決めステージ 2412、 β 方向アクチュエータユニット 2416 により駆動される β 方向位置決めステージ 2413 の3層構造をなしている。本実施例においては、前記駆動案内として剛性の高いクロスローラガイドを使用している。また、 α 軸と β 軸は、それぞれ、最小回角から最大回角までの任意のスライブ

露光軸 (Z軸) 方向、 α 軸回り、 β 軸回りの剛性を他の軸に比べ低くし、自由度を持たせている。ピックアップ 2401 のピックアップ基準面 2402 への密着固定は、ピックアップ支持部材 2421 に組み込まれたクランバユニット 2422 のブッシュロッド 2423 を天板 1602 (第16図参照) に押しつけ、その反力によりピックアップ支持部材 2421 を X 露光軸方向にたわませることによって達成される。なお、天板 1602 は、第16図に示すように、複数の柱 1603 を介してマスク 8 ステージベース 1901 に取り付けられている。本実施例においては、ブッシュロッド 2423 を駆動する力として空気圧を使用しており、各クランバユニット 2422 には各1本、計4本の配管 (図示せず) がなされている。クランプ動作およびクランプ解除動作は、前記4本の配管を1本化した位置に設けられた1ヶのバルブの ON/OFF によって行われる。ピックアップ 2401 が密着固定されるピックアップ基準面 2402 は、マスク 2 がチヤッキングされる裏面との平行度、平面度に関して高精度加工が施こされており、計測時

のマスク2に対するピックアップ2401の姿勢精度はこの加工精度によって決定される。本実施例においては、前記平面度は±1μm以内に加工されており、このピックアップ基準面2402にピックアップ2401を密着させることによって、一般の高精度窓内機械より得られる姿勢精度の倍以上の高い姿勢精度が得られている。

以上説明したように、ファインアライメントシステム1302は、ウエハ3とマスク2のズレ量を検出するために使用されるが、これ以外にも、マスクチヤツク1807にセットされたマスク2の位置および所定の基準軸に対するパターンの傾きの計測を行なうマスクアライメントの際にも使用される。以下にこのマスクアライメントについて説明する。

本実施例におけるX線露光装置は、一般にステッパーと呼ばれる露光装置に関するもので、1個もしくは数個のツップに相当するパターンを1つの単位として、移動と露光を繰り返してウエハ全面に焼きつけるものである。このような露光装置では、パターンの移動軸、すなわち本実施例における

ステージ基盤1301の座標軸とパターン自身の軸が角度を有している場合、各パターンはその並列している方向に対して一定の角度をもって焼きつけられ、パターンの基準辺と並列方向が一致しない状態が生ずる。こうして出来上ったウエハにさらに次のパターンをアライメントする場合、露光単位が前記光工程と同じステップ露光の場合には、特に大きな問題は発生しないが、例えばウエハ全面を一回で露光するような一括露光装置を使用する場合には、一括露光用のマスクはウエハ全面に相当するパターンが当然の事ながら、各ツップの向きとその並列方向が一致するよう設計されているため、ステッパーのパターン単位で並列方向に対して角度をもって焼きつけられたウエハとの高精度のアライメントはもちろん、場合によってはアライメントそのものが不可能となる。また、マスク2がセットされて最初のマスク2とウエハ3のアライメントでは、マスク2が機械的にマスクチヤツク1807にチャッキングされただけであるために設計値に対して比較的大きくずれており、

ウエハ3を設計位置に移動しても、マスク2上のアライメントマークとウエハ3上アライメントマークが大きく離れてしまい、アライメント信号を得ることができない場合がある。これを解決するには、ズレ量を検出する領域を大きくすれば良いが、一般に検出領域と検出分解能は相反する項目であるので、本装置のような高精度のアライメントを必要とする装置においては、検出領域を拡大するのは好ましいことではない。

上記の2点に代表される問題点を解決するためには、前述したマスクアライメントが有効である。マスクアライメントを、マスクパターン投影用の縮小露光レンズと一緒に固定された基準マークを行うことは、例えば特開昭59-89417号公報で提案されている。これに対し、本実施例では、基準マークをマスク上のパターンの軸がアライメントされるべき方向に移動するステージ1899（第18図参照）上に配置し、基準マークとマスク2上のマスクアライメント用マーク2340のズレ量を、ピックアップ2401を使用してファインアライメ

ントと全く同じ方法で検出するよう構成している。

以下、図面を用いて実施例について説明する。第18図において、1821が本実施例における機械原点となる座標基準マークであることはすでに述べた。この座標基準マーク1821は複数のマークから構成されており、その中の一つにマスクアライメント時の基準となる基準マーク（以下単に基準マーク1821と呼ぶ）がある。基準マーク1821は4ヶあるそれぞれのピックアップ2401に対応して4ヶ設けられるが、機械上1ヶのマークとみなすことができるよう配置がなされている。基準マーク1821は、先に述べたように、ウエハチヤツク1807と同様、Zチルトステージ1805に固定されたレーザ測長用ミラー1810上に配置されており、その意味で基準マーク1821はウエハ3上に焼きつけられるパターンの並列方向を与えるステップ装置1301の座標軸に沿って移動する1点とみなすことができる。従って、基準マーク1821を前記座標軸に沿って移動し定位される2点を結ぶ線分に対

してマスク2上のパターン軸が平行になるように、マスク2がチヤッキングされているマスク9ブレート1912を駆動することによって、マスク2の回転方向のアライメントを行うことができる。

実際には、前述の2点を結ぶ線分とマスク2上のパターン軸の傾きは、マスク2上に所定の距離を離して設けられた2つのマスクアライメント用マーク2340と基準マーク1821との前記線分に直交する方向のズレ量と、2つのマスクアライメント用マーク2340のピッチより求められる。第23図を用いて、マスク2上のマスクアライメント用マーク(以下マスクアライメントマークと呼ぶ)2340について説明する。

第23図には、ウエハ3と共に微少ギャップを隔てて対面するマスク2の基板202が3点接線で示されている。基板202の回路パターンをとり囲むスクリューライン2331の外側に設けられている4ヶのマーク2340がマスクアライメントマークである。マスクアライメントマーク2340の配置は、パターンに対するマーク位置が正確に感知で

クアライメントによれば、マスク2上のパターンの軸を、パターンの並列方向を支配するステージ装置1301の座標軸を代表する基準マークの移動方向に直接合わせるように構成したので、極めて高精度にマスクアライメントを行うことができる。また、該装置に対して固定の2点によってパターンをアライメントすべき軸を定義する方法では、ステージ装置1301の座標軸に対して、この3点によって定義される直線を高精度に機械的に合わせ込む調整が必要となるが、本実施例によれば、機能的に1点とみなせる基準マーク1821をレーザ測長用ミラー1810に搭載する作業では特別な調整は不要となる、これは特にフィールドにおけるサービス性の観点から重要なことである。

また、マスクアライメントマーク2340と基準マーク1821の構成を、ファインアライメント時のマスク上のアライメントマークとウエハ上のアライメントマークの関係と同じことにより、ファインアライメントシステム1302を使用して、ずれ量の検出を可能としたので、マスクアライメ

トすれば、原則的には、どこにあっても構わないが、本実施例においては、パターンの最大面角の充分外側に對向する2つのマークがマスク中心で直交する2本のパターン軸に関して対称な位置になるよう、4つのマークを配置している。すなわち、面角や軸の要因にかかわらず、マスクアライメントマーク2340の位置は常に一定とした。また、第16図および第24図に示されるように、ピックアップ2401上には、スクリューライン2331の外側の領域に不要なエッジ1が測定しないようにこれを遮光する可動アーチャ2404が設けられており、遮光によってマスクアライメントマーク2340がウエハ3に表示されることはない。

マスクアライメントマーク2340、基準マーク1821は、それぞれ、ファインアライメント時に使用するマスク、ウエハ上アライメントマーク2332と同様のパターンを有しており、2つのマークのずれ量の検出はファインアライメント時と同様の検出手法によって行われる。

以上説明したように、この実施例におけるマス

ント専用の検出手法を必要とせず、装置の小型化、低価格化、高信頼性化に対しても効果がある。

さらに、この実施例においては、マスク上のパターンサイズにかかわらず、マスクアライメントマーク2340の位置を一定としたので、マスクアライメント時のピックアップ2401の計測位置も一定で、マスクにかかわらず、マスクアライメントにおけるピックアップステージ2411の停止位置は一定で、機械的には高精度な位置決め、またシーケンスに関しては簡略化に対して効果がある。

さらに、この実施例においては、ステージ装置1301の座標軸に対するマスク上のパターン軸の傾きを検出するために必要な2ヶのマスクアライメントマークに、さらに2ヶのマークを加え計4ヶのマークをパターンを囲むように配置したので、レーザ測長用ミラー1810の位置を計測している計測系からの位置データと、マスクアライメントマークと基準マークのずれ量から、パターン軸の傾きだけでなく、機械的にチヤッキングされたマスク2上のパターンの正確な位置をX、Yの座標として知

ることもできる。

第26図はウエハ搬送系の外観図を示す。ウエハ搬送系はウエハ供給、回収エレベーター1303、イジエクター1304、オリフラ検知ステージ1305、ウエハトラバーサー1306の4つのユニットから構成されている。

ウエハ供給、回収エレベーター1303はウエハ供給エレベーター1303bとウエハ回収エレベーター1303aから成り、イジエクター1304との連動によりウエハ3を1枚づつ供給キヤリヤ2501から取り出し、回収キヤリヤ2502へ収納するものである。ウエハ供給エレベーター1303bとウエハ回収エレベーター1303aは、同一の部品構成になっているので、以下、ウエハ供給エレベーター1303bについて説明する。2枚のウエハ3が収納された供給キヤリヤ2501が、供給キヤリヤ置き台2503上の所定位置に置かれている。供給キヤリヤ置き台2503は供給エレベーターロッド2506と連結されており、供給エレベーターロッド2506をY方向に所定量移動させることにより、供給キヤリ

フラ検知ステージ1305から回収キヤリヤ2502へ収納するものである。イジエクター1304は、真空方式によりウエハ3を吸着するイジエクターハンド2512と、それを支持するイジエクターアーム2513と、供給キヤリヤ2501から地面に水平に取り出したウエハ3を垂直に立てるイジエクターハンド駆動部2514を有する。イジエクターハンド2512はイジエクターZステージ2520上に搭載されている。また、イジエクター1304はイジエクターハンド2512に真空吸着されたウエハ3をオリフラ検知ステージ1305に授受する際に使用するイジエクターZ駆動部2519と、イジエクターハンド2512をX方向へ移動させるためのイジエクターXステージ2517と、イジエクターX駆動ブーリー2518を回転させワイヤードライブするイジエクターX駆動部2516と、イジエクターハンド2512を供給エレベーター1303bと回収エレベーター1303aとオリフラ検知ステージ1305の3方向に向けるイジエクターY駆動部を有している。

H₂零圧気を維持するウエハイジエクターチャン

ヤ2501のY方向の位置決めを行う。供給エレベーターロッド2506のY方向への移動は、供給エレベーター駆動部2504と供給エレベーター送りネジ2505により運動のパルス送りを行い、供給ウエハ有無検知部2507がウエハ3の有無と異挿入を検知している。H₂零圧気を維持するウエハロードチャシバー3109には、供給エレベーターロッド2506の円周部を真空シールするユニット(不図示)があり、供給エレベーター駆動部2504と供給エレベーター送りネジ2505は大気中に配置されている。供給エレベーター駆動部2504にはモーターの支持部材に水冷管(不図示)が通っている。回収エレベーター1303aも、供給エレベーター1303bと同様に、回収キヤリヤ置き台2508、回収エレベーター駆動部2509、回収エレベーターロッド2510、回収ウエハ有無検知部2511、ウエハアンロードチャシバー3111を有している。

イジエクター1304は、供給キヤリヤ2501からウエハ3を取り出し、オリフラ検知ステージ1305へ供給すると共に、露光終了後のウエハ3をオリ

バー3107には、真空回転フィードスルー(不図示)があり、イジエクタース駆動部とイジエクターハンド駆動部は大気中に配置され、動力はフィードスルーパーを介して、ウエハイジエクターチャンバー3107内に導入されている。各駆動部のモーター支持部材には水冷管(不図示)が通っている。

オリフラ検知ステージ1305には、イジエクター1304より供給されたウエハ3のオリエンテーションフラットの位置を検知し、その配向を所定方向に設定する役割りと、露光後のウエハ3がイジエクター1304により回収される際の回収待機台の役割りがある。

オリフラ検知ステージ1305は、真空方式によりウエハ3を垂直に吸着できるオリフラ検知チャック2521と、時計、反時計方向共に無限回転できるオリフラ検知θステージ2523と、それを駆動するオリフラ検知θ駆動部と、X方向に移動できるオリフラ検知Xステージ2527と、それを駆動するオリフラ検知X駆動部2526と、Y方向に移動できるオリフラ検知Yステージ2529と、それを

運動するオリフラ後知Y運動部2528を有する。オリフラ後知Yステージ2529は、ウエハトラバーサー1306へのウエハ3の授受の際に、後述するウエハハンドとウエハ3の干渉がない位置まで+Y方向に移動できる。ラインセンサ投光系2524は、オリフラ後知チヤック2521に接続されたウエハ3のエッジを照明し、そのエッジのX方向の位置をラインセンサ2525により検出する。ウエハ3を0方向に一定速度で回転させながら、ラインセンサ投光系2524とラインセンサ2525により、一定時間ごとに前記検出を行い、後述する演算シーケンスにより、オリエンテーションフラットの位置とウエハ3のX、Y方向の位置ずれを検知し、この後、オリエンテーションフラットの方向はオリフラ後知Xステージ2523を駆動して補正し、ウエハ3のX、Y方向の位置はオリフラ後知Yステージ2527、オリフラ後知Yステージ2529を駆動して補正する。オリフラ後知ステージ1306は、メインフレーム1701に取付けられており、全てメインチヤンバー3101内のHe雰囲気中に配置され

ている。各運動部のモーターの支持部材には水冷管(不図示)が通っている。

ウエハトラバーサー1306には、オリフラ後知ステージ1306でオリエンテーションフラット設定とY、Y方向補正の終ったウエハ3を、ウエハチヤック1807にロードする役割りと、露光終了後のウエハ3をウエハチヤック1807からオリフラ後知チヤック2521にアンロードする役割りがある。ウエハトラバーサー1306は、ウエハ3を真空吸着方式により垂直に吸着できるロードハンド2530とアンロードハンド2531の2本のハンドを持っている。ロードハンド2530は、オリフラ設定の終ったウエハ3をオリフラ後知チヤック2521からウエハチヤック1807にロードするハンドで、アンロードハンド2531は、露光終了後のウエハ3をウエハチヤック1807からオリフラ後知チヤック2521へアンロードするハンドである。2つのハンド2530、2531は、それぞれロードZステージ2532、アンロードZステージ2533に搭載されており、トラバーサーZ運動部2534、トラバーサーZ運動部2535によって、Z方向へ移動させることによりウエハ3の授受を行う。但し、これらの運動部2534、2535は、電動シリンダーでロッドがZ方向に伸縮する構成になっており、2つの運動部2534、2535はオリフラ後知チヤック2521とウエハチヤック2531のウエハ交換位置に各々固定されていて、ウエハ3の授受の時だけロッドが伸縮し、通常はロッドは電動シリンダー内に収納されている。

また、ハンド2530、2531はロードエステージ2536とアンロードエステージ2537にそれぞれ搭載されており、オリフラ後知チヤック2521とウエハチヤック2531のウエハ交換位置までX方向に移動可能になっている。X方向の運動は、トラバーサー運動ブーリー2539とテンションブーリー2540にスチールベルト2541を掛けて、トラバーサーX運動部2538の動力をトラバーサー運動ブーリー2539に伝達し、2つのXステージ2536、2537をベルトドライブする。X方向の運動の際2つのZステージ2532、2533はストロークを越えてあり、部品干渉が起こらないように構成されている。

ウエハトラバーサー1306は全てメインフレーム1701に取付けられており、メインチヤンバー3101内のHe雰囲気中で使用される。ウエハトラバーサー1306の全ての運動部のモーター支持部材には水冷管(不図示)が通っている。

第26図はマスク搬送装置1311(第13図参照)の概略図を示す。マスク搬送装置1311は、AAフレーム2604とメインフレーム1701の間に位置しているため、平面的な構成となっている。同図の中で、トラバースユニット2601は、マスクXステージ1999とマスクカセット1310(第13図参照)との間を往復動作する運動機構、マスクハンド2602はマスク2のハンドリングを行うロボットハンドである。これらとアームユニット2603の3つのユニットからマスク搬送装置1311は構成される。アームユニット2603は、マスクハンド2602をマスクXステージ1999およびマスクカセット1310内のカセットステージ3001(第29図参照)に進入する方向に回転させる機構、ならびにマスクXステージ1999上およびカセットステージ3001

上でマスクハンド2602を上下させる機構を有する。なお、トラバースユニット2601を駆動するトラバース用モーター2605には、モーターからの発熱を除去するための冷却水用パイプ2606が備えられている。また、マスク2のマスク8ステージ1999への位置決めは、マスク位置決めVブロック1906への突当てにより行う。

第27図はマスク搬送装置1311の機構について詳細に示したものである。同図において、トラバースユニット2601はトラバース用モーター2605によって駆動し、平ベルト2702を介して、リニアガイド2701上を駆動で往復搬送動作を行い、トラバース位置状態センサ2703でトラバース位置をモニタすることができる。アームユニット2603は、アーム旋回を行うモーター2707と不図示のギア、および旋回位置状態センサとマスクハンド2602の上下運動を行うモーター2706と不図示の重心カムおよびZ位置状態センサ2704で構成されている。上記構成にて、マスクハンド2602によってハンドリングされるマスク2をマスク8ステー

ジ1999上のマスク位置決めVブロック1905へ突当て位置決めするために、マスクハンド2602内の突当センサ2705の検出信号によってトラバースユニット2601は制御される。

マスク2が収納されているマスクカセット1310（第13図参照）のローディング機構について説明する。第28図において、2801は、本実施例で使用されるマスク2が収納されるカセット本体を示す。2802は、カセット本体2801を密閉するカセットカバーを示す。第29図において、カセット本体2801とカセットカバー2802を組合しマスクカセット1310とする。2803は、本装置の作業者が、マスク2の収納されたマスクカセット1310を搭載する台である。操作性を向上するため、マスクチヤンバー3103からオーバーハングして、第28図上でX方向へ引き出すことが可能である。2804はカバーロックユニットを示す。本実施例に於いては、カバーロックユニット2804はカセットカバー2802の最部を内側から押込む。この操作は手動である。

内にある。

次に、カセット本体2801内のマスク2の選択機構部を説明する。2809はインデクサーベースを示す。インデクサーベース2809はマスクチヤンバー3103へ結合している。2810はインデクサを示し、カセット本体2801の間欠回転駆動を行う。インデクサ2810の出力軸はフィードスルーを通して、マスクチヤンバー3103に導入されている。2811はコネクティングユニットを示す。このユニット2811は本実施例のカセット本体2801のカセットステージ3001に電源を供給するためのユニットである。カセットステージ3001のマスク2着脱方式は吸気吸着方式で、着脱の際に吸気回路を駆動するための電源が必要となる。このとき、本実施例に於いては、カセット本体2801内に独自の電源を持たないためにコネクティングユニット2811がある。なお、カセット本体2801内に独自の電源がある場合は、前記吸気回路の駆動信号のみをカセット本体2801内に伝達すればよい。以上のユニットは、マスクチヤンバー3103に付属しており、マ

スクチャンバー3103とメインチャンバー3101はゲート弁3102にて仕切られている。

次に、第29図に、カセットローディング途中の動作図を示す。この図によって本実施例のマスクカセット1310の位置決め方式を説明する。テーブル2806上に搭載されたカセット本体2801はマスクカセットエレベーター2805にて、上方に押し上げられる。2904はカセット本体とインデクサ2810のズレを補正するためのボスである。2902はカセット突き当面、2903はインデクサ突き当面をそれぞれ示す。マスクカセットエレベーター2805により、カセット突き当面2902とインデクサ突き当面が直対に並び、また、ボス2904にてズレが補正され、カセット本体2801の位置決めが行われる。2901は位置決めピンで、この位置決めピン2901がカセット本体2801の嵌合穴に入り、回転方向の位置決め振り出しを行う。以上の構成により、マスクカセット1310の位置決めは高精度に行われる。本実施例では、回転位置決めを行う位置出し機構が上方に存在するが、テー

を示す。これらはそれぞれ3組設けられている。レバー3007はカバーロック爪3005とテーブルロック爪3007に連動しており、レバー3007の操作により、カバーロック爪3005とテーブルロック爪3006がスライドして、どちらか一方がカセット本体2801から突き出す。カバーロック爪3005はカセットカバー2802と連結し、カセット本体2801とカセットカバー2802を連結する。また、テーブルロック爪3006はテーブル2806と連結し、マスクカセットエレベーター2805が上昇する際に、安定してカセット本体2801を搬送することを可能とする。この両者の爪3005、3006を駆動するレバー3007は、カセット台2803内にあるカセットロックユニット2807によって駆動する。従って、カセット本体2801がカセット台2803上にあるときのみ、レバー3007へカセットロックユニット2807は駆動伝達が可能である。

第31図は本発明のX線露光装置における主要なチャンバーの構成を示す図面である。本発明のX線

ブル2806内にあってもよい。但し、テーブル2806内に回転位置出し機構がある場合、エレベーター2805での回転ガタ成分は、高精度に取り除かなくてはいけない。

次に、第30図でマスクカセット1310について説明する。この図において、3003はカセットステージマスクチヤックを示す。カセットステージマスクチヤック3002はカセットステージ3001内に埋め込まれており、本実施例では、マスク2を装置に配置するため、離気保管方式を用いている。更に、カセットステージ3001はカセット本体2801内に嵌合状に配置されている。

3003、3004はそれぞれシールを示す。シール3003、3004はカセットカバー2802についており、カセット本体2801を閉密するために設けてある。カセット本体2801とカセットカバー2802が結合すると、マスクカセット内は、これらのシール3003、3004によって実質的に密閉される。

第30図について説明する。3005はカバーロック爪、3006はテーブルロック爪、3007はレバー

露光装置において、マスク2、ウェハ3の保持機構、及びマスク2、ウェハ3両者の位置合せ機構、さらにマスク2、ウェハ3の搬送機構が所定の圧力に減圧したHe露囲気中におかれ。以下に各チャンバーの構成を詳細に述べる。

メインチャンバー3101には、メインフレーム1701、AAフレーム2604及びそれらに固定されたステージ装置1301、ステージの計測光学系1312ブリ及びファインアライメントシステム1307、1302、マスク搬送装置1311、及びオリフラクションステージ1305が収納されている。メインチャンバー3101にはシャッターチャンバー3104、ブリAAチャンバー3106、ウェハイジエクターチャンバー3107が接続され、さらに、マスクゲートバルブ(以下MRGV)3102を介してマスクチャンバー3103が接続されている。シャッターチャンバー3104には露光シャッターユニット3108が収納され、Be窓3512を介してX線のミラーポート3105が接続されている。ブリAAチャンバー3106には、ブリアライメントシステム1307が収納されている。マス

クチヤンバー3103には、インデクサー2810、エレベーター駆動ユニット2806を除くマスクカセットローダー3109が収納されている。ウエハイジエクターチヤンバー3107にはX、UVの駆動ユニット2518、2516を除くウエハトラバーサー3104が収納されており、また、対向する位置に、ウエハロードゲートバルブ(以下WLGV)3108を介してウエハロードチヤンバー3109、ウエハアンロードゲートバルブ(以下WUGV)3110を介してウエハアンロードチヤンバー3111が接続されている。ウエハロードチヤンバー3109とウエハアンロードチヤンバー3111には、それぞれ供給エレベーター駆動部2504、回収エレベーター駆動部2509を除くオリフラ検知ステージ1303が収納されている。

本発明のX線露光装置においては、露光は減圧したHe露囲気中で行われる。この場合、チヤンバー内はいったん所定の真空中まで真空排気された後、露光時の所定の圧力までHeが充填されることになる。さらに、本発明においては、マスク2、ウエハ

3の搬送系を含む装置の大部分が、同一He露囲気に置かれる。本発明のX線露光装置においては、以下の条件を満足する必要がある。

①露光時の減圧He露囲気の圧力及び純度が変動した場合、X線の透過率が変動し、露光量が変化する。したがって、露光中のHe露囲気の圧力及び純度を高精度に管理・維持する必要がある。②マスクカセット3101あるいはウエハキヤリヤ2501、2502を交換する際、装置全体を大気開放していたのでは、スループットが著しく低下する。したがって、第31図におけるマスクチヤンバー3103、ウエハロードチヤンバー3109及びウエハアンロードチヤンバー3111はそれぞれメインチヤンバー3101とは独立して大気開放、真空中気、He導入が可能とする必要がある。③さらに、光路であるSORからミラーを経て、Be窓3512までの露囲気は最高真空中であり、Be窓はHe露囲気との圧力隔壁となっている。このBe窓はX線の吸収を考えれば、できる限り薄くしたい。従って、いかなる場合もBe窓の両側には露光時のHe圧力とミラー

ポート側の超高真空中との差圧以上の圧力はかかるず、なおかつ急激な圧力変動が生じない給排気系とする必要がある。

以上の3つの条件を満たす給排気系全体のプロツク図を第32図に、ウエハロードロツク部の詳細図を第33図に、マスクロードロツク部の詳細図を第34図にメインチヤンバーの圧力・純度維持及びBe窓まわりの詳細図を第35図に示す。以下に各部の説明を行う。

第33図はウエハロードロツク構造の詳細図である。第31図で説明した様に、メインチヤンバー3101にはウエハイジエクターチヤンバー3107が接続され、ウエハイジエクターチヤンバー3107にはWLGV3108を介してウエハロードチヤンバー3109が、またWUGV3110を介してウエハアンロードチヤンバー3111が接続されている。ウエハロードチヤンバー3109、ウエハアンロードチヤンバー3111には駆動部を除くウエハ供給回収エレベーター1303が収納されている。ウエハロードチヤンバー3109、ウエハアンロードチヤンバー3111には、

排気系として、それぞれ、ウエハロードバイパスバルブ(以下WLBPV)3301、ウエハアンロードバイパスバルブ(以下WUBPV)3302を介して、1~0.1Torrまでの粗排気を行う粗排氣油圧ポンプ(以下RORP)3303が接続され、ウエハロードメインバルブ(以下WLMNV)3304、ウエハアンロードメインバルブ(以下WUMNV)3305を介して、He廻路後に必要な所定の真空中までの排気を行う主排氣ターボ分子ポンプ(以下MNTMP)3306が接続されている。さらに、ウエハロードチヤンバー3109及びウエハアンロードチヤンバー3111には、He、N₂、Air給氣系として、それ、ウエハロードHe導入用バルブ(以下WLHeV)3308、ウエハアンロードHe導入用バルブ(以下WUHeV)3309を介してHeが、ウエハロードN₂導入用バルブ(以下WLN₂V)3310、ウエハアンロードN₂導入用バルブ(以下WUN₂V)3311を介してN₂が、ウエハロードドリーグバルブ(以下WLLV)3312、ウエハアンロードドリーグバルブ(以下WULV)を介してAirが、チヤン

バー内に導入可能となっている。さらに、ウエハロードチャンバー3109及びウエハアンロードチャンバー3111には、それぞれ、ウエハロード圧力計3314、ウエハアンロード圧力計3315が接続され、各チャンバーの圧力を知ることができる。

以上の構成で、WLGVS108あるいはWUGVS110を閉じれば、ウエハロードチャンバー3109あるいは、ウエハアンロードチャンバー3111は、ウエハイジエクターチャンバー3107とは切り離され、他のチャンバーとは独立して、真空排気及びHe, N₂, Airの導入が可能となる。従って、例えば、ウエハロードチャンバー3109内のウエハキヤリヤ2501を交換する場合、まずWLGVS108を閉じた後、WLN₂V3310を開いてN₂を760Torrまで導入する。その後、WLLV8312を開いてAirを導入し、チャンバー内の圧力を装置周囲の大気圧と等しくして扉を開き、供給キヤリヤ2501を交換する。交換終了後は、RORP3303により、例えば、0.1Torrまで粗排気後、MNTMP3306により所定の真空中度まで排気する。その後、WLHeV3308

が接続されている。さらに、マスクチャンバー3103には、He, N₂, Airの換気系として、マスクHe導入用バルブ(以下MKHeV)3403を介してHeが、マスクN₂導入用バルブ(以下MKN₂V)3404を介してN₂が、マスクリークバルブ(以下MKLV)3405を介してAirが、チャンバー3103内に導入可能となっている。

以上の様な構成でMKGVS102を閉じれば、マスクチャンバー3103はメインチャンバー3101とは切り離され、他のチャンバーとは独立して、真空排気及びHe, N₂, Airの導入が可能となる。従って、マスクカセット1310を交換する際は、MKGVS102を閉じた後、MKN₂V3404を開いて、N₂を760Torrまで導入。その後、MKLV3405を開いて装置周囲の大気圧とチャンバー3103内の圧力を等しくし、扉3430を開き、マスクカセット1310を交換する。交換終了後は、RORP3303により、例えば0.1Torrまで粗排気後、MNTMP3306により所定の真空中度まで排気する。その後、MKHeV3403を開いて、所定の圧力までHeを充填した後、MKGVS102

を用いて、所定の圧力までHeを充填した後、WLGVS108を開いて交換終了となる。ウエハアンロードチャンバー3111内のウエハキヤリヤ2502を交換する場合も同様である。

以上の様に、ウエハキヤリヤ交換の際、装置全体の雰囲気を破ることなく、必要最小限の大気開放で交換可能となる。

第34図はマスクロードロツク機構の詳細図である。第31図で説明した様に、メインチャンバー3101にはMKGVS102を介してマスクチャンバー3103が接続されている。マスクチャンバー3103には、インデクサ2810、エレベーター2805を除いたマスク供給回収エレベーター1308が収納されている。ウエハロードロツク機構において説明したのと同様に、マスクチャンバー3103には換気系としてマスクバイパスバルブ(以下MKBPV)3401を介して、大気圧から1~0.1Torrまでの粗排気を行うRORP3303が接続され、マスクメインバルブ(以下MKMNV)3402を介して、He置換に必要な所定の真空中度までの排気を行うMNTMP3306

を開いて交換終了となる。以上の様に、本実施例によれば、マスクカセット1310の交換が装置全体の雰囲気を破ることなく必要最小限の大気開放で交換可能となる。

第35図は、メインチャンバー3101及びHe室3512まわりの給排気系の詳細図である。

メインチャンバー3101には、メインチャンバーバイパスバルブ(以下MCBPV)3501を介して大気圧から1~0.1Torrまでの粗排気を行うポンプRORP3303が接続され、メインチャンバーメインバルブ(以下MCMNV)3502を介してHe置換に必要な所定の真空中度までの排気を行うポンプMNTMP3306が接続されている。さらに、給気系として、換気扇3503及びメインチャンバーHe導入用バルブ(以下MCHeV)3504を介してHeが、メインチャンバーナンバーリークバルブ(以下MCLV)3505を介してN₂が、メインチャンバーリークバルブ(以下MCLV)3506を介してAirが導入可能となっている。

次に、露光時の圧力・純度管理について説明す

る。前にも述べたが、電光中のHe⁺雰囲気の圧力及び純度の変動によるX線透過率の変動をおさえるため、圧力・純度を高精度に維持する必要がある。従って、本実施例では、メインチャンバー3101内にもれ込む不純ガスによるHe⁺純度の低下を補うように一定量のHe⁺を廻し続けると共に、圧力の変動をバルブの開度を変えることにより一定に保つようとする。第35図において示す様に、メインチャンバー3101には、前に述べたHe⁺収集用の2つのポンプ、RORP3303、MNTMP3306の他に、電光中のHe⁺雰囲気の圧力維持のために、ガスコンコントロールバルブ(以下GCCV)3507及びガスコンメインバルブ(以下GCMNV)3508を介して、ガスコン油回転ポンプ(以下FGCRP)3509が接続されている。また、メインチャンバー3101にはメインチャンバー圧力計3510が接続されている。ガスコンコントローラ3511はメインチャンバー圧力計3510の信号により、バルブGCCV3507の開度を変化させ、メインチャンバー3101内の圧力を維持する。

状態にすることが可能な構成となっている。この構成により、装置立上げ時に、大気圧から真空中を経て、He⁺を所定の圧力まで充填する場合や、メインチャンバー3101やBe窓3512をメンテナンスする時に、装置を大気開放する場合に第1BeBPV3513を開いておけば、Be窓3512に差圧をかけることなく、真空排氣あるいは大気開放が可能となる。

さらに、電光時、Be窓3512の片側に圧力がかかる状態、つまりメインチャンバー3101内が大気圧以下に減圧したHe⁺で、ミラーポート3105が真空の状態では、Be窓3512は差圧を受けてかなり大きくなんでおり、第1BeBPV3513を開いて、急にBe窓3512の差圧を解除したのでは、Be窓3512に与えるダメージが大きい。従って、第1Beバイパス管3520と並行して、第1BeBPV3513の両側を繋ぐ様に、液体抵抗の大きなBeコンダクタンス管3515及び第2Beバイパスバルブ(以下第2BeBPV)3514を備えた第2Beバイパス3521を接続する。第35図の構成において、Be窓3512

次に、Be窓3512からミラーポート3105までの接続気系について説明する。第35図に示す様に、メインチャンバー3101からSORへ向って、シャッターチャンバー3104、Be窓3512、ミラーポート3105、第1ミラーポートゲートバルブ(以下第1MPGV)3516、第2ミラーポートゲートバルブ(以下第2MPGV)3517が順に接続されている。第2MPGV3517の先は第1図に示すようにピームダクト121を介してミラーユニット101に接続されている。Be窓3512は、X線の吸収を考えると可能な限り高いことが望ましい。前述した様に、本実施例のX線電光装置は電光時にチャンバー3101内に大気圧以下に減圧したHe⁺を充填する。従って、Be窓3512を極力薄くするには、Be窓3512がうける差圧は、電光時の減圧He⁺の圧力以上かからない様にすることが望ましい。第35図に示すとおり、本実施例では、ミラーポート3105とメインチャンバー3101とを、第1Beバイパスバルブ(以下第1BeBPV)3513を備えた第1Beバイパス管3520で繋ぎ、Be窓3512の両側を遮断した

の両側を遮断させて差圧をなくす場合は、まず、第2BeBPV3514を開いて徐々に差圧を解除し、その後第1BeBPV3513を開いて完全に差圧を無くす。

また、第35図に示す様に、第1MPGV3516の両側は、ミラーポートバイパスバルブ(以下MPBPV)3518を備えたミラーポートゲートバルブバイパス管3522で接続している。従って、電光を長時間行わない場合は、第1MPGV3516を閉じ、バルブMPBPV3518を開いて、ミラーポートの真空度を確保し、尚かつメインチャンバー3101の突発のリークによるBe窓3512の破壊によって生じるSOR側への影響を極力小さくする構成とする。

次に、本実施例の電気制御系を説明する。第36図において、3601は各種制御情報の表示、入力および蓄積をするところのコンソールユニット、3602は電光装置全体のシーケンスを中央制御するところのメインユニット、3603はウエハ3およびマスク2の搬送を制御するところの搬送ユニット、3604は電光装置の主たる機能であるステップ電光とア

ライメントを制御するところの本体制御ユニット、3605は露光装置を最適な温度、気圧、ガス雰囲気下におくための制御をするところの環境制御ユニット、3606は露光に供するX線をマスク面に照射するためのX線ミラーの制御をするところのミラー制御ユニット、3607はユニット相互の通信を中継、交換するところのネットワークコントローラ、3608a～3608fは、ユニットとネットワークコントローラ3607とを結ぶ通信路である。

第37図にコンソールユニット3601を詳細に示す。この図において、3701は露光装置の制御にかかる各種のデータの表示と入力をするところのターミナル、3702は露光装置の制御にかかる各種のデータを蓄積、保存しておくところである記憶装置、3703は本コンソールユニット3601を中心制御するところのミニコンピュータ本体、3704は通信路3608aを介して他のユニットと通信するためのネットワーク・インターフェイスである。

第38図にメインユニット3602を詳細に示す。この図において、3801は本メインユニット3602

の中央制御をするところのメインプロセッサ、3802は露光装置と操作者とのインターフェイスをするところのパネルスイッチ、3803は通信路3608bを介して他のユニットと通信するためのネットワーク・インターフェイスである。

第39図は本体制御ユニット3604のブロック図である。本ブロックはアライメント系に関して、4つのピックアップ2401（第24図参照）を2軸方向（ α 軸、 β 軸）に位置決め制御するピックアップステージ制御部3906、ウエハ3をプリアライメント、プリAFするためのプリAA, AF制御部3907、ウエハ3とマスク2の平面上の位置ずれおよび平行出しを行うためのファインAA, AF制御部3910a～d、露光シャッター装置1308（第13図参照）所定の補正駆動パターンで駆動するためのシャッター制御部3913、ウエハX, Y駆動ステージ1710, 1705（第17図参照）、およびウエハ駆動ステージ1809（第18図参照）を位置決め制御するためのステージ制御部3918、ならびに、第1X線検出部3914、第2X線検出部3915を

有する。さらには、X線1に対する露光ユニット102の姿勢を一定に保つ様制御する除振系制御部3905が接続されている。本体コントロールユニット3902は所定のシーケンスを行うプログラムがストアされており、このシーケンスに従って上記各制御部を動作させるコントロール部分である。また、本体コントロールユニット3902は上位のメインユニット3602と通信路3608d、通信I/F3901を介して接続されており、データの授受を行う。输出の各制御部のうち除振系制御部3905は、通信I/F3903bを有していて、本体コントロールユニット3902側の通信I/F3903と通信路3904を介して接続されている。本構成により各制御部を独立動作かつ階層化させることが可能である。

以上の構成は、ファインAA, AF制御部3910に関する各通信I/F3908a, bおよび通信路3909、シャッター制御部3913に関する各通信I/F3911a, bおよび通信路3912、およびステージ制御部3918に関する各通信I/F3916a, bおよび通信路3917

に関するすべて同様である。なお、本体コントロールユニット3902とのデータ授受に関しては、ピックアップステージ制御部3906では4つのピックアップステージ2411の各々の駆動量がダウンロードされる。プリAA, AF制御部3907ではプリAFにて計測されるギャップ値とプリAAにて検出されるプリアライメントマークの中心位置が、また、ファインAA, AF制御部3910a～dではマスク2とウエハ3のずれ量（ ΔX_s , ΔX_d , ΔX_r , ΔX_f ）、（ ΔY_s , ΔY_d , ΔY_r , ΔY_f ）、およびギャップ量（ Z_s , Z_d , Z_r , Z_f ）が本体ユニットコントローラ3902へアップロードされる。シャッター制御部3913ではシャッター駆動テーブルがダウンロードされ、ステージ制御部3918では駆動、駆動ステージ、マスクステージの各軸の駆動量が本体コントロールユニット3902からダウンロードされる。

次に、第1X線検出部3914については、露光シャッター装置1308の前段品であるX線照度計1541からの出力を増幅して、X線照度値を本体

コントロールユニット3902に受け渡す。同様に、第2X線検出部3915については、ウエハ搬送ステッリ1899上に設置されたX線ディテクター1651で計測されるX線強度を入力して増幅し、X線強度値を本体コントロールユニット3902に受け渡す。また、除振系制御部3906は、設定された発光ユニット102の振動が所定の許容値からはずれた場合に、本体コントロールユニット3902へ異常通知を発する。

第39図におけるファインAA, AF制御部3910a～dを詳細に説明する。なお、4ブロックあるファインAA, AF制御部3910a～dは、同一構成を有るので、以下の説明ではひとつのブロックについて説明する。

第40図はファインAA, AF制御部3910a～dの構成を示す図である。本図の光学系のブロックは第28図を省略した図である。

第40図において、3909は第39図における本体コントロールユニット3902と通信する通信線、3908bは通信線3909から送られる命令を受け

メント情報及びギャップの情報をもった受光ビーム、4005aはマスク上AAマーク4007aとウエハ上AAマーク4007bにより構成される光学系によって得られるアライメント情報をもつた光束であるAAスポット、4005bはマスク上AFマーク4006とウエハ上AAにより構成される光学系によって得られるギャップ情報をもつた光束であるAPスポット、2321はアライメント情報をもつた光束であるAAスポット4005aを受光し電気信号に変換する例えばCCD等のラインセンサであるAAセンサ、2322はギャップ情報をもつた光束であるAFセンサ4005bを受光し電気信号に変換する例えばCCD等のラインセンサであるAPセンサ、4002aはAAスポット4005aを受光し電気信号に変換するAAセンサ2321の出力を増幅するプリアンプ、4002bはAFスポット4005bを受光し電気信号に変換するAFセンサ2322の出力を増幅するプリアンプ、4003はAAセンサ2321の出力を増幅するプリアンプ4002aの出力を処理しアライメント情報を計算しそしてさらにAPセンサ2322の出

アライメント情報やギャップ情報を送る通信1/F、4004は通信1/Fから命令を受けアライメント計測やギャップ計測を行う信号を作り、そしてアライメント情報やギャップ情報を通信1/F3908bに送るファインAA, AFインターフェイス部、4001はファインAA, AFインターフェイス部4004が決定する光出力で半導体レーザ2301を駆動するファインAA, AFレーザダイオード駆動部、2301は発光素子である半導体レーザ、2302は半導体レーザ2301から出力される光束を平行光にするコリメータレンズ、2307は半導体レーザ2301から出力される投光ビーム、4006はマスク2上に金等で半導体回路パターンと共に書かれているAFマーク、4007aはマスク2上に金等で半導体回路パターンと共に書かれているマスク上AAマーク、4007bはウエハ3上に前露光ショットで半導体回路パターンと共に半導体プロセスで書かれているウエハ上AAマーク、2308はマスク上AAマーク4007aとウエハ上AAマーク4007bそしてAFマーク4006とウエハ3により構成される光学系によって、アラ

カを増幅するプリアンプ4002bの出力を処理しギャップ情報を計算するファインAA, AF信号処理部である。

第40図において、アライメント情報（マスクとウエハずれ）は以下のように求めることができる。ファインAA, AFレーザダイオード駆動部4001は、ファインAA, AFインターフェイス部4004により設定される光出力で半導体レーザ2301をAAセンサ2321が飽和しない範囲の十分大きな光出力で駆動する。そして、半導体レーザ2301を出射した光束は、コリメータレンズ2302通過後、投光ビーム2307となりマスク上AAマーク4007aを通過しウエハ上AAマーク4007bで反射され受光ビーム2308となりAAスポット4005aとしてAAセンサ2321に入射する。

ダブルグレーティング物性光学素子となるマスクAAマーク4007aとウエハAAマーク4007bはマスク2とウエハ3の間のずれを、例えば100倍に拡大してAAスポット4005aのずれ（位置）とする事ができる。AAスポット4005aを受光し

たAAセンサ2321の出力は、プリアンプ4002aで増幅されファインAA,AF信号処理部4003に入力される。ファインAA,AF信号処理部4003は、AAセンサ2321に入射したAAスポット4005aの位置をその重心を利用して求める。そして、AAスポットの重心のずれ（位置）を例えば1/100倍することによりマスクAAマーク4007aとウエハAAマーク4007bすなわちマスク2とウエハ3とのずれを求める。

つぎに、ギャップ情報は、第40図において以下のように求めることができる。ファインAA,AFレーザダイオード駆動部4001は、ファインAA,AFインターフェイス部4004により設定される光出力で半導体レーザ2301をAFセンサ2322が感知しない範囲の十分大きな光出力で駆動する。そして半導体レーザ2301を出射した光束は、コリメータレンズ2302通過後、後光ビーム2307となりAFマーク4006を通過しウエハ3で反射され受光ビーム2308となりAFスポット4005bとしてAFセンサ2322に入射する。

1/F3908bと通信線3902を通じて本体コントロールユニット3902に送信する事ができる。

第41図はブリAA,AF制御部3907のブロック図である。本ブロックはブリAF制御系、ブリAA制御系より構成されている。ブリAF制御系に関して、レーザダイオード2119（第21図参照）の発光光量は、ブリAFインターフェイス部4101からのレーザダイオード駆動部4102への電圧設定により決定される。PSO2124（第21図参照）はウエハ3からの反射光を受光する。その出力はセンサ入力部4103において増幅される。ブリAFインターフェイス4101は、その出力に基づいたウエハ3の位置に相当するギャップ値を上位の本体コントロールユニット3902にうけ渡す。

次に、ブリAA制御系においては、ブリAAインターフェイス部4104においてハロゲンランプ4107の光量を設定して、ハロゲンランプ駆動部4106よりランプ電圧を出力する。ハロゲンランプ4107の光は光ファイバー2101（第21図参照）を通してウエハ3に照射され、ウエハ3で反射されたブリア

マスク2上に2種類のグレーティングレンズとしで構成されたマスクAFマーク4008は、マスク2とウエハ3との面間隔を、例えば15倍に拡大してAFスポット4005bのずれ（位置）とする。AFセンサ2322の出力はプリアンプ4002bで増幅されファインAA,AF信号処理部4003に入力される。ファインAA,AF信号処理部4003は、AFセンサ2322に入射したAFスポット4005bの位置をその重心を利用して求める。そして、AFスポット4005bの重心の位置を例えば1/15倍することによりマスクAFマーク4006とウエハ3すなわちマスク2とウエハ3の面間隔を求める。

ファインAA,AF信号処理部4003は、アナログ回路で実現しても良いし、プリアンプ4002a,4002bの出力をアナログデジタル変換器（図示せず）でデジタル化した後でマイクロコンピュータ等でデジタル処理しても構わない。また、ファインAA,AFインターフェイス部は、本体コントロールユニット3902の指示により、アライメント情報やギャップ情報を求めて必要に応じて通信

ライメントマーク7503あるいは7504（第75図参照）の像は、白黒カメラ2117で撮影される。白黒カメラ2117からのビデオ出力は、TVブリAA信号処理部4105へ入力される。ここでは、対物レンズ2106を基準位置としてブリアライメントマークの中心位置を画像処理により検出する。中心位置はブリAAインターフェイス部4104を介して本体コントロールユニット3902にうけ渡される。

第42図は、第24図にて先頭のα方向アクチュエータユニット2415及びβ方向アクチュエータユニット2413をコントロールする電気ブロックと、ピックアップ2401のメカクランプを制御する電気ブロックを示している。

第39図にて構成のピックアップステージ制御部3906は、ピックアップステージコントロールユニット4201～4（4基分）と、ピックアップヘッドクランプ制御部4205より成っている。ピックアップステージコントロールユニット4201～4は、α方向、β方向アクチュエータユニット2415, 2413

のドライバであるα始動部4206a～d、及びβ始動部4207a～dに対して、運動距離に相当するパルス数を出力する機能、及び同パルスの払い出しのタイミングを、本体コントロールユニット3902から転送された目標位置からピックアップ2401に衝撃を与えないような台型運動パターンとして作成する機能を有している。

α始動部4206a～d及びβ始動部4207a～dは、DCモーター用のドライバであって、本体コントロールユニット3902からの指令によりサーボループを切ったりする事も可能である。ピックアップヘッドクランプ制御部4206は、ピックアップ2401のピッティング、ローリングによる位置制御誤差を抑制する目的でピックアップ基準面2402に押しつける為に用いるアクチュエータの駆動部4208、及びこの状態の確認を行うためのセンサ部4209により成っている。本実施例に関しては、第24図の説明におおいて既述の通り、ピックアップ2401の押しつけについて操作する圧縮空気の不図示の電磁弁は、4基のピックアップステー

電において、CPU4307はシャツタード運動テーブルに対し数値的な処理を加える事も可能である。パルスジェネレータ4301とパルスジェネレータ4302はCPU4307より見たアドレス配置が異なるのであり、同一の機能を有している。

パルスジェネレータ4301、2の運動テーブルメモリ部4402に転送されたシャツタード運動テーブルは、CPU4307からの起動命令により、読み出しが開始され、メモリデータ値に比例したパルス間隔の出力パルスが、シャツタード運動部4303及び補助シャツタード運動部4304に対して送り出される。出力されるパルスとパルスの間隔は運動テーブルメモリ部にストアされたデータの1ワードの内容に相当する。このためメインシャツタード運動部4303や補助シャツタード運動部4304に用いるアクチュエータドライバ内に固りパルスが発生する事は好ましくない。従って、同ドライバとしては、例えばマイクロステップパルスモータードライバ、又はPLL方式DCモータードライバ等を使用する。

ジ2411について1個である。これに対し押しつけ状態確認のためのセンサ(不図示)は、ピックアップステージ各基について装備されているので、センサ部4209は合計4チャンネルの入力を有している。

第43図は第15図において掲載のメインシャツタードユニット1601、補助シャツタードユニット1602、及びX線周度計1641を搭載したキャリッジ1642を位置決めするアクチュエータユニット1547を制御する電気プロック図である。シャツタード部3913は第39図中に掲示した本体コントロールユニット3902により通信1/F3911a、bを介して制御され、専用のCPU4307も備えている。均一光量を実現するためのシャツタード運動テーブルは、ソーステーブルメモリ4308に格納されている。CPU4307はソーステーブルメモリ4308に格納されているシャツタード運動テーブル群より適切なシャツタード運動テーブルを選択し、パルスジェネレータ4301、2内の運動テーブルメモリ部4402(第44図参照)に転送する。この転送の過

本実施例においてはアクチュエータとして5相マイクロステップパルスモーターを用い、ドライバとして5相マイクロステップパルスモータードライバを用いている。

シャツタード位置信号入力部4305は、第16図におけるフォトインラブタ1637、タイミングセンサ1636等の信号を取り入れるインターフェイスである。この信号を取り込む事によりCPU4307はスティルベルト1513、1517の位置を把握するので、駆動ドラム1511、1515とスティルベルト1513、1517間の擦りによる誤差が累積されることがない。X線ディテクタキャリア制御部4306は、第15図におけるX線周度計1641を搭載したキャリッジ1642を位置制御するためのアクチュエータユニット1547を制御する電気プロックである。

第44図は第43図にて掲載のパルスジェネレータ4302の回路プロック図である。パルスジェネレータ4302はシャツタード運動部3913内のCPU4307とバスライン4401を共有する。運動テーブルメ

モリ部4402は、CPU4307によってソーステーブルメモリ4308から転送されたシャッター駆動テーブルを格納する場所である。命令コードメモリ部4404は、シャッター駆動テーブル読み出し命令とかパルス払い出し停止といった動作モードを命令コードとしてプログラムする場所である。命令コードはCPU4307がPI/04405より出力するトリガ及び遷移座標メモリ部4408にストアされた遷移座標値に現在位置カウンタのカウント値が達した時に出力される一致信号4418により、新たなものがフェッチされる。インストラクションカウンタ4410はこれらのトリガ信号及び一致信号4418をカウントし、そのカウント値を遷移座標メモリ部4403と命令コードメモリ部4404のフェッチアドレス4416として供給する。インストラクションコード4408は命令コードメモリ部4404より出力される命令コード4417をデコードし、パルス発生ロジック4407を制御する制御線4414をドライブする。パルス発生ロジック4407は、本実施例においては、16bitのダウンカウン

トランジスタロジックにて構成されている。発振回路4406は上記16bitダウンカウンタのクロックとして使われている。ダウンカウンタがディクリメントを続けて「0」になると、次のクロックで駆動テーブルメモリから16bitのシャッター駆動テーブルデータ4411がロードされると同時に、アクチュエータドライバに供給されるREF信号4412が出力される。

現在位置カウンタ4409は、パルス発生ロジックから出力されるREF信号4412とPI/0から出力される方向指示信号(DIR信号)4420より、駆動対象物の位置をカウントする。このカウント値は駆動テーブルメモリ部4402の読み出しアドレス4419として出力され、さらに遷移座標メモリ部4403から出力される遷移座標データ4415とコンパレートされ、一致／不一致出力4418をインストラクションカウンタ4410のカウントアップクロック4418として出力する。PI/04405からの出力4419は命令コードのフェッチアドレスを進めたり、パルス出力を非常停止させたり、イ

ンストラクションカウンタ4410や現在位置カウンタ4409のカウント値をリセットする制御線を与える。又、同PI/04405の入力端より現在位置カウンタ4409のカウント値やインストラクションカウンタ4409のカウント値及びパルス発生ロジック4407のステータスをバスライン4401を通してCPU4307側に読み込む事が可能である。

第45図のステージ制御部3918は、第17図に示すステークユニットを位置決め制御するためのもので、ステージの位置と姿勢の精正計算、シーケンス動作制御等の演算、データ処理、通信を行う。このステージ制御部3918は、CPU4501、メモリ4502、本体コントロールユニット3902と相互にデータ、コマンド、ステータス等のやり取りを行うために通信路3917を介して接続される通信インターフェイス3916b(第39図参照)と、ステージ各軸の位置決め精度、時間、現在位置モニター等を行う計測コンピュータ4505を接続するIEEE488インターフェイス4504aと、レーザ測長器4513a, bのイニシヤライズ、データ・コマ

ンド、ステータス等を通信するためのIEEE488インターフェイス4504bと、ステージのチルト成分a, b, c, dをレーザ測長器4513bから読み込むためのレーザ測長器インターフェイス4506a, bと、X電動シリンド1712とY電動シリンド1707(第17図参照)を制御指令する駆動コントローラ4507a, bと、Z・チルト駆動用インチワーム1813(a, b, c)、θ駆動インチワーム用ピエゾ素子1815、マスクθステージ1999の制御指令するパルスジェネレータ4508a～dと、駆動ステージ1899を位置決め制御するサーボコントローラ4509a, b, cと、粗動ステージ1705の重力補償を行うためのバランス用圧力指令ボード4510から構成されるステージコントロールユニット3918aと、電動シリンド1712, 1707を駆動するDCモータードライバ4514a, bと、Z・チルト用インチワーム1813(a, b, c)、θ駆動インチワーム用ピエゾ素子1815、マスクθステージ1999の位置フィードバック制御を行うためのインチワームコントローラ4518a～dと、微動ステージ1899を制御する

補償回路を含むピエゾコントローラ 4516a, b, c から構成される補償回路ユニット 3918b と、レーザ制長系のレーザ光が切れた時に使用する光学スケール 4522 用の光学スケールプリアンプ 4522 と、Z・テルト制御用変位センサ 1820 (a, b, c)、マスク 8 ステージ用変位センサ 1906、θ 駆動用変位センサ 4527 用の微小変位センサアンプ 4518 と、Z・テルト駆動用インチワーム 1813 (a, b, c) を駆動するインチワームドライバ 4517a, b, c と、X, Y, θ 駆動ステージ駆動用ピエゾ素子 1811, 4528, 1812 およびマスク 8 ステージ駆動用ピエゾ素子 1909 を駆動するピエゾドライバ 4519a～d と、θ 駆動インチワーム用ピエゾ素子 1814, 1815, 1816 を駆動するインチワームドライバ 4520 と X, Y 駆動ステージをロックするロックピエゾ素子 4526a, b を駆動するロック用ピエゾドライバ 4521 と、バランサリング 1709 のエアー圧力制御を行うために圧力センサ 4512a, サーボ弁 4512b を入力出力とする圧力コントローラ 4511 から構成されるセンサアンプドライバ

ユニット 3918c を有する。

X 方向の位置決めは以下のように制御される。本体コントロールユニット 3902 から通信インターフェイス 3916b を通して移動指令が与えられると、CPU 4601 はサーボコントローラ 4509a を通じて現在位置を求め、目標位置との差分を X 駆動コントローラ 4507a に指令する。これと共にピエゾコントローラ 4516a にピエゾ中間位置指令を出す。X 駆動コントローラ 4507a は移動距離に応じた加減速曲線、走行速度で DC モータードライバ 4514a に指令パルスを出し、X 電動シリング用モーター 1712 を駆動する。X 電動用駆動モーター 1712 の停止後、サーボコントローラ 4509a は偏差値をピエゾコントローラ 4516a に指令し、位相補償された出力がピエゾドライバ 4519a に入力される。高圧アンプであるピエゾドライバ 4519a は電圧増幅され、X 駆動用ピエゾ素子 1811 を伸縮させて、X 方向の位置決めを行う。Y 方向も同様である。また θ 方向は駆動作がないがピエゾ素子 1812 による振動動作は同じである。

第 46 図は、搬送ユニット 3603 (第 36 図参照) の電気ブロック図を示す。搬送ユニットは通信路 3608c を介して上位メインユニット 3602 とのデータ授与を行う通信 I/F 4664 と、搬送系コントロールユニット 4601 によってウエハ搬送系及びマスク搬送系、そしてウエハ 3 とマスク 2 の各サブチャンバー給排気系とゲート弁の制御を行なっている。

まずウエハ搬送においては、供給・回収キャリア 2501, 2502 内に収納されているウエハ 3 を搬送させるため供給エレベータ駆動部 2604 のアクチュエータを駆動する Y 軸駆動部 4603 と、供給キャリア 2501 内のウエハ有無を検知するウエハ有無検知部 4604 がある。これらは、ウエハ供給キャリアエレベータインターフェイス部 4602 を介して、Y 軸駆動部 4603 は搬送系コントロールユニット 4601 からの指令に対応したアクチュエータの駆動量コントロールを行い、ウエハ有無検知部 4604 はその有無信号をセンサ信号として搬送系コントロールユニット 4601 とのインターフェ

イスを行う。又、搬付専用が終了したウエハ3をキャリア2501、2502内に収納するために、収納エレベータ駆動部2509のアクチュエーターを駆動するY軸駆動部4606と回収キャリア2502内のウエハ有無を検知するウエハ有無検知部4607がある。これらはウエハ供給部と同様に、ウエハ回収キャリアエレベータインターフェイス部4608を介して、搬送系コントロールユニット4601の指令に対応したアクチュエーターの駆動量コントロールと、ウエハ有無信号をセンサ信号として搬送系コントロールユニット4601とのインターフェイスを行う。

次に、ウエハ3を供給キャリア2501から取り出したり、回収キャリア2502に収納する搬送手段となるイジエクタ1304(第13図参照)を説明する。イジエクタ1304は、まず対向しているウエハ供給キャリア2501とウエハ回収キャリア2502に対して施回運動を行うアクチュエーターであるイジエクタムーバ駆動部2515を駆動するムーバ駆動部4609と、イジエクターハンド2512に

よってウエハ3を水平状態から垂直状態にするアクチュエーターであるイジエクターハンド駆動部2514を駆動するムーバ駆動部4610と、ウエハ供給部は回収位置よりオリフラッシュテヤツク2521位置までウエハ3を搬送するアクチュエーターであるイジエクタX駆動部2518を駆動するX軸駆動部4611、更にイジエクタハンド2512によってウエハ3をオリフラッシュテヤツク2521に載着させる場合や、オリフラッシュテヤツク2521上にあるウエハ3をイジエクターハンド2512に保持させる場合のアクチュエーターであるイジエクタZ駆動部2519を駆動するためのZ軸駆動部4612を有している。これらの駆動部は搬送系コントロールユニット4601からの指令によってウエハイジエクタインターフェイス部4608が指令値に対応した各軸の駆動量のコントロールを行なっている。

オリフラッシュテヤツク2521は、オリフラッシュテヤツクステージ2527のアクチュエーターであるオリフラッシュテヤツクX駆動部2526を駆動するX軸駆動部4615と、オリフラッシュテヤツクY駆動部4616

のアクチュエーターであるオリフラッシュテヤツクY駆動部2526を駆動するY軸駆動部4616と、オリフラッシュテヤツクZ駆動部2523のアクチュエーターであるオリフラッシュテヤツクZ駆動部2522を駆動するZ軸駆動部4617の3軸の駆動部からなっている。これらの駆動部はオリフラッシュテヤツクインターフェイス部4614からの駆動部コントロール信号をうけて駆動を行なう。又、オリフラッシュテヤツク2521上にあるウエハ3をラインセンサ2525と各軸駆動を行なって、ウエハ3を所定基準位置へ移動させるオリフラッシュテヤツク6802のシーケンスにおいて、ラインセンサ2525のセンサ出力を、ウエハ3の外周位置情報として処理するためのオリフラッシュテヤツク6802を有している。従ってオリフラッシュテヤツクインターフェイス部4614は各軸駆動量コントロールの他にオリフラッシュテヤツク6802のデータ伝送や指令の授受を行う機能をもっている。

オリフラッシュテヤツクシーケンスで位置決めされたウエハ3は、ウエハトラバーサ1308によってウエハステージ1809に搬送される。第25図も参照して、4621はロードハンド2530によってオリフラッシュテヤツク2521上にあるウエハ3を保持するためや、アンロードハンド2531上に保持しているウエハをオリフラッシュテヤツク2521上に載着させるためにロードハンド2530及びアンロードハンド2531をオリフラッシュテヤツク2521上で移動させるためのアクチュエーターのトラバーサZ駆動部2534を駆動するZ軸駆動部、4622はウエハテヤツク1807上にあるウエハ3をロードハンド2530もしくはアンロードハンド2531上に保持するためウエハテヤツク1807上で移動させるためのアクチュエーターであるトラバーサZw駆動部2535を駆動するZw軸駆動部、更に4620はウエハテヤツク1807上或は、オリフラッシュテヤツク2521上にあるウエハ3をロードハンド2530或はアンロードハンド2531に保持し、ウエハテヤツク1807或はオリフラッシュテヤツク2521上に

搬送するためのアクチュエータであるトラバーサX駆動部2628を駆動するX軸駆動部である。これら駆動部はウエハトラバーサインターフェイス部4619で搬送系コントロールユニット4601からの指令データを授受し、各軸の駆動量コントロールを行う機能を備えている。

ウエハ3を搬送する際に、ウエハ3を保持するためにエラーによる真空吸着が行なわれている。ウエハ搬送系においては、イジエクターハンド2612、オリフラ検知チャック2621、ロードハンド2630、アンロードハンド2631更にウエハチャック1807で用いられている。これらはウエハチャック駆動部4624によってウエハ3の受渡しの際などに真空吸着のON/OFFの制御が行われる。又、各々のウエハ保持部はウエハ3を保持しているか否かの役割検知機能を備えている。これらはすべて吸着検知部4625によって、検知される。従ってウエハチャックインターフェイス部4623は、ウエハ搬送のシーケンスに伴った搬送系コントロールユニット4601からの指令によってウエハチャック

抜けられている。従って、マスクカセットローダインターフェイス部4626は、Y軸駆動部4627及び山手軸駆動部4628に対し、搬送系コントロールユニット4601からの指令による駆動量コントロールを行い、それに伴うマスクカセット本体2801のロック信号及びロック解除信号を出力する機能を有している。

次にマスクローダにおいては、第26図も参照して、マスクチヤンバー3103内にあるカセット本体2801に設置されているマスク2をマスクステージ1901に設置するために、マスクハンド2602によってカセット本体2801内のマスク2を把持しトラバースユニット2001を移動させる。このトラバースユニット2001を移動させるためのアクチュエーターであるトラバース駆モータ2605を駆動するためにX軸駆動部4631と、トラバースユニット2001を所定の位置に移動させた後、アームユニット2603を180°回転させるためのアクチュエーターのアーム回転用モータ2707を駆動する山手軸駆動部4632と、マスクハンド2602が

ク駆動部4624に制御信号を送ったり、吸着検知部4625からの検知信号をうけて搬送系コントロールユニット4601へデータ転送する機能を備えている。

次に第28図も参照して、マスク搬送系の電気ブロック図の説明をする。マスク搬送系においては、マスクカセット1310をマスクチヤンバー3103内のカセット台2803に設置し、テーブル2806とカセット本体2801を連結させて所定の基準位置まで移動させるためのカセットエレベータモータ2812を駆動させるためのY軸駆動部4628と、所定の基準位置に移動したカセット本体2801において所定のマスク2をマスクハンド2602で搬出するためにカセット本体2801を回転させるためのアクチュエータのインデクサ2810を駆動するための山手軸駆動部4627と、マスクチヤンバー3103内に設置したマスクカセット1310をカセット本体2801とカセットカバ2802とを分離し、カセット本体2801をテーブル2806とのロックを行なうためのカセットロック駆動部4629が

マスクカセット本体2801内のマスク2を把持する時と、マスクステージ1901にマスク2を設置する時にマスクハンド2602を上下動させるためのアクチュエータであるハンド上下用モータ20の駆動を行う山手軸駆動部4633の各軸駆動部を有している。又、これらの各軸の駆動量はマスクローダインターフェイス部4630でコントロールされる。マスクローダインターフェイス部4630は搬送系コントロールユニット4601から指令されるマスクローダの各軸の移動命令を駆動量としてコントロールする機能をもつ。

マスク2をマスクステージ1901に設置する場合や、カセット本体2801内に設置する場合に、常に一定の突当力をもってマスク2を設置するためにマスクハンド2602内に突当センサ2705（第27図参照）は用いられている。この突当センサ2705は、マスクステージ1901或はカセット本体2801内のマスク2に対してマスクハンド2602を把持する際に、マスクハンド2602とマスク2との突当力を検知することでX軸駆動部4631の駆動量の

制御を行うため、突当センサ制御部4636では突当センサ2705からのセンサ信号をモニタリングし、突当力を電気信号としてマスクハンドインターフェイス部4635に出力している。従ってマスクハンドインターフェイス部4635は、突当センサ制御部4636からの突当力信号を搬送系コントロールユニット4601にデータとして転送する機能を有している。

統いて、ウエハロードアンロード、チヤンバー3109、3111（第31図参照）の給排気制御についてのブロック図について説明する。ウエハロードアンドロード、チヤンバー3109、3111は、ウエハロードチヤンバー給排気インターフェイス部4639とウエハロードチヤンバー給排気インターフェイス部4642に分けられる。前記2つのインターフェイス部は搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて、各バルブの駆動と、圧力計の圧力値を入力し、搬送系コントロールユニット4601とデータの授受を行う機能を備えている。まずウエハロードチヤンバー3109はバルブ駆動

部4640と圧力計入力部4641を有しており、バルブ駆動としては、第33図に示す、ウエハロードチヤンバーリークバルブ3312、ウエハロードN₂導入用バルブ3310とウエハロードHe導入用バルブ3308、ウエハロードメインバルブ3304とウエハロードバイパスバルブ3301の各々のON/OFF制御を行なっている。又、圧力計入力部4641においては、ウエハロード圧力計3314によってウエハロードチヤンバー3109内の圧力値を計測し、圧力計入力部4641において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をウエハロードチヤンバー給排気インターフェイス部4639に入力している。ウエハアンロードチヤンバー3111においても同様で、第33図に示すバルブ駆動部4643と圧力計入力部4644を有しており、バルブ駆動としてはウエハアンロードリークバルブ3313、ウエハアンロードN₂導入バルブ3311と、ウエハアンロードHe導入バルブ3309、ウエハアンロードメインバルブ3305とウエハアンロードバイパスパイプ3302の各々のON/OFF制御

を行なっている。又、圧力計入力部4644においてはウエハアンロード圧力計3315によってウエハアンロードチヤンバー3111内の圧力値を計測し、圧力計入力部4644において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をウエハアンロードチヤンバー給排気インターフェイス部4642に入力している。

次にマスクチヤンバー3103について説明する。マスクチヤンバー3103もウエハチヤンバーと同様にマスクチヤンバー給排気インターフェイス部4645を有し、搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて各バルブ駆動の制御と圧力計の圧力値データの転送を行う状態を有している。マスクチヤンバー3103はバルブ駆動部4646と圧力計入力部4647とを備え、第34図に示す、マスクリークバルブ3405、マスクN₂導入用バルブ3404とマスクHe導入用バルブ3403、マスクメインバルブ3402、マスクバイパスバルブ3401をマスクチヤンバー給排気インターフェイス部4645とバルブ駆動部4646を通してON/OFF

制御している。又、圧力計入力部4647においては、マスク圧力計3406によって、マスクチヤンバー3103内の圧力値を計測し、圧力計入力部4647において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をマスクチヤンバー給排気インターフェイス部4645に入力している。

次に、ウエハロード、アンロードチヤンバー3109、3111及びマスクサブチヤンバー3103のゲート弁制御における電気ブロック図の説明をする。ウエハチヤンバーのゲート弁制御ではウエハロードゲート弁インクーフェイス部4648と、ウエハアンロードゲート弁インクーフェイス部4650を備え、前記2つのインターフェイス部は搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて、ゲート弁開/閉駆動の制御信号を出力する。それによりウエハロードチヤンバー3109では、ゲート弁開/閉駆動部4649によりウエハロードゲートバルブ3108のON/OFF制御が行われる。同様に、ウエハアンロードチヤンバー3111ではゲート弁開/閉駆動部4651によりウエハアンロード

ゲートバルブ3110のON/OFF制御が行われる。マスクサブチヤンバーゲート弁駆動についてもマスクサブチヤンバーゲート弁インターフェイス部4652を備え、離透系コントロールユニット4601からの指令に基づいてゲート弁開/閉駆動の制御信号を出力する。従って、ゲート弁開/閉駆動部4653によりマスクゲートバルブ3102のON/OFF制御がマスクサブチヤンバーゲート弁インターフェイス部4652とおして行われる。

ウエハロードチヤンバー3109及びウエハアンロードチヤンバー3111、マスクチヤンバー3103の排気ポンプは、主排気油回転ポンプ3307、主排気ターボ分子ポンプ3306及び粗排気油回転ポンプ3303の構成で共通ポンプとして構成し、これらのポンプ制御は環境制御ユニット3605で行われる。

第47図はミラー制御ユニット3606のプロック図である。プロックは大別してミラーチヤンバー給排気制御部4703、ミラーチヤンバー冷却装置4708、ミラーチヤンバー冷却便携部4709に分かれている。

また、ミラーチヤンバー給水部4709にて冷却用の液槽体が不図示の温度センサにより所定の温度に保たれ、ミラー真空チヤンバー1408へ送られる。液槽体は液槽部1404を流れることで、ミラーストア部1402を介してX線ミラー1401を冷却する。冷却装置制御部4708では、液槽体の温度管理を行い、許容値をはずれた場合には、ミラーパー部コントロールユニット4702にエラー通知する。

ミラーリフターパー部4710は、ミラーリフターパー調整装置部1406を動かすことにより、SOR光軸にX線ミラー1401を合せ込む動作を行うが、その際にSOR光軸はSOR光検出部4713で位置検知され、そのSOR光スポット位置が所定の基準位置になる様に、ミラーリフターパー調整装置部1406に組込まれたミラーリフターパー調整アクチュエータ4712をミラーリフターパー部4710により駆動する。この後は、ミラーリフターパー部4710において、前記SOR光が前述の基準位置を保つ様にX線ミラー1401の姿勢サーボがかけられる。

制御部4708、ミラーリフターパー部4710より構成されている。4708は上記各制御部をシーケンス制御するミラーパー部コントロールユニットで、上位のメインユニット3602（第36回参照）とは通信I/F4701と通信路3608を介してデータの授受を行う。以下、ミラーリフターパー部3606を第14図も参照して詳細に説明する。

ミラーチヤンバー給排気制御部4703はミラーリフターパー部1408内の超高真空状態を計測するミラーチヤンバー圧力計4705からの真空度がミラーチヤンバー圧力計入力部4704でインターフェイスされてとりこまれる。また、真空チヤンバー1408を超高真空状態に排氣するための超高真空ポンプ4707が、真空チヤンバー1408に排氣ポート1411を介して接続されている。ミラーチヤンバー給排気制御部4703からはミラーチヤンバーポンプ駆動部4706へON-OFF信号を出し、排氣制御を行う。次に、ミラーチヤンバー冷却装置制御部4708は、X線ミラー1401のX線放射による発熱を冷却し、一定温度に保つ。

ミラーリフターパー部4710では、この他にSOR光を遮光、透光するためのシャッター1409を駆動するためのシャッター駆動アクチュエータ1410のアーバーチヤフ部4714を介して動作させる。このシャッター駆動のタイミングは、ウエハ3の露光のシーケンス、例えば、露光シmidtの合間、あるいはウエハ交換時、マスク交換時等に同期する必要があるため、通信I/F4701を介してメインユニット3602から駆動信号をもらう。

第48図は環境制御ユニット3605のプロック図である。本ユニットは、①ミラーポート3105及びメインチヤンバー3101の給排気制御系、②He等四気を管理するガスコントロール系、及び③ウエハチャック1899部及びチヤンバー内各部を温度管理する温度制御系より成っている。4802は環境制御ユニット3605のコントロールユニットで、前述①～③の各制御系をシーケンスプログラムに従って動作させる。また、コントロールユニット4802の通信I/F4801は上位のメインユニット3602と通信路3608を介して接続されており、

データの授受を行う。次に、各制御部の構成及び動作について説明する。

ミラーポート3105及びメインチヤンバー3101の給排気制御部は環境制御コントロールユニット4802からミラーポート及びメインチヤンバー給排気インターフェイス部4803を通してバルブ駆動部4804、真空ポンプ駆動部4806への出力、圧力計入力部4805からの入力を行う。バルブ駆動部4804は、第35図に示されるメインチヤンバー3101の給排気を行うメインチヤンバーメインバルブ3502、メインチヤンバーバイパスバルブ3501、メインチヤンバー3101の開放時に開・閉するメインチヤンバーN₂導入バルブ3505、メインチヤンバーリークバルブ3506と接続されている。ミラーポート3105の給排気については、Bc室3512の両側面の圧力を連通させる第1Bcバイパスバルブ3513、第2Bcバイパスバルブ3514、第1ミラーポートゲートバルブ3516、第2ミラーポートゲートバルブ3517及びミラーポートバイパスバルブ3518と接続しており、それぞれの開・閉

バルブで、バルブコントローラ3511と接続して、このバルブコントローラ3511からバルブ開度を設定することができる。このバルブ開度の設定は、Heコントロールインターフェイス部4807から外部設定される。また、バルブコントローラ3511は、圧力計入力部4805からメインチヤンバー3101内の圧力値が入力され、バルブコントローラ3511内で、メインチヤンバー3101内の圧力を一定にする複数バルブ開度をコントロールするサーボ系が構成されている。4808はガスコントロール用のメインチヤンバー排気を行うガスコントロール油回転ポンプ3509のON-OFFを行うポンプ駆動部である。4809はバルブ駆動部で、メインチヤンバーHe導入用バルブ3504及びガスコントロールメインバルブ3508の開・閉を行う。ポンプ駆動部4808、バルブ駆動部4809はいずれもHeコントロールインターフェイス部4807を介してコントロールユニット4802から制御される。

次に、温調制御系は、本体の各部分を所定温度

を行う。

圧力計入力部4805はミラーポート部3105の圧力計測を行うミラーポート圧力計3519からのセンサー出力及びメインチヤンバー部3101の圧力計測を行うメインチヤンバー圧力計3510からのセンサー出力を取り込み、所定の処理を行い、給排気インターフェイス部4803に送る。真空ポンプ駆動部4806は、メインチヤンバー3101及びウエハロード3109、アンロード3111、マスク3103の各サブチヤンバーの排気に共通に使用する。また、粗排気油回転ポンプ3303、及び主排気油回転ポンプ3307のON-OFF制御及び主排気ターボ分子ポンプ3306の駆動及び動作状態のモニターを行う。

次に、Heガスコントロール制御系は、メインチヤンバー3101内を圧力一定・純度一定でHeガスコントロールする。これは、不純物ガスの発生に対して、メインチヤンバー3101内の排気流量を可変することで実現している。第35図の3507は排気流量をコントロールするコントロール

に接つ換給水部4813にて所定温度に設定された温調水を貯えて、これを前述のチヤンバー内の各発熱部分に単水することで、発熱各部で熱交換を行い、温調水を循環させる。温度センサ4812により前記温調水の温度を検出し、温調コントローラ4811内にとりこみ、給水部での設定温度への制御を行う。温調インターフェイス部4810では、この温度の正常判定の結果をうけ取し、温調状態のモニターを行う。ウエハチヤック温度センサ入力部4814では、温調水により冷却されるウエハチヤック部1807の温度を計測するウエハチヤック温度センサ4815からの計測値をとりこみ、温度に変換後、温調インターフェイス部4810を介してコントロールユニット4802へ送り、チヤック部の温度管理を行う。

第49図は本装置の基本的な機能を達成する為の制御フローを示したものである。本装置は電源が投入されると、ステップ4901において各ユニット3601, 3602, 3603, 3604, 3605, 3606（第36図参照）毎にCPU及びRAM, ROM等の

チェックがなされ、その後に各ユニット間の通路が建立される。次に、ステップ4902の長期休止状態からの立ち上げ処理によって、給排気系及びメカ系の初期化を実行し、メインユニット3602のパネルスイッチ3802もしくはコンソールユニット3601のターミナル3701からの操作指令待ちのステップ4903に移る。ここで、オペレータによって操作指令が与えられると、ステップ4904、4908、4912、4916、4919、4922及び4925によって、操作指令がどの機能処理に対する指令であるかを判定し、対応する機能処理が現在実行可能か否かの判定を各々ステップ4905、4909、4913、4917、4920、4923及び4926によって行い、実行可能状態であれば処理の実行に移る。

以下に本装置の基本的な操作指令とその処理について述べる。

長期休止指令(ステップ4914)は本装置を長期間休止させた時、装置内に埃や湿気が入るのを防ぐ為に、メインチャンバー3101や各サブチャンバー3103、3109、3111にN₂を充填したり、Ba電

状態となり、シーケンスはステップ4903の操作指令待ち状態に戻る。

ウエハキヤリア設置指令(ステップ4912)は、前記ウエハキヤリア取出し指令の逆の処理を行わせる為のものであり、取出し状態にある供給、回収キヤリア2501、2502を本装置の焼付処理可能な設置状態にする機能処理を実行する。ウエハキヤリア設置指令であることがステップ4912で判断されると、ステップ4913で今度はウエハキヤリアが取出し状態であり、ウエハキヤリア設置処理のステップ4914とウエハ回収キヤリア設置処理のステップ4915を実行し、供給側、回収側のウエハキヤリア2501、2502は焼付処理が実行できる設置状態となり、シーケンスはステップ4903の操作指令待ちに戻る。

マスクカセット取出し指令(ステップ4916)は、本装置に設置状態にあるマスクカセット1310を操作者によって装置から取り外し、交換可能な状態にする為の機能処理を実行させるものであり、ステップ4918でマスクカセット取出し指令で

3613に差圧によるストレスがかかったままにしない様にするなどの機能処理を実行させるものであり、ステップ4904で長用休止命令であると判断されると、処理はステップ4905に移行し长期休止処理の実行可能条件のチェックがされ、ステップ4906によって長期休止の為の処理が実行され、その後にステップ4907でメカ駆動系の電源系をOFFする。

ウエハキヤリア取出し指令(ステップ4908)は、本装置に設置状態にある供給、回収キヤリア2501、2502を操作者によって装置から取り外し、交換可能な状態にする為の機能処理を実行させるものであり、ステップ4908でウエハキヤリア取出し指令であると判断されると、処理はステップ4909に移行し、現在、ウエハキヤリア2501、2502が設置状態にあり、かつウエハキヤリア取出し処理の実行可能条件が成立していれば、ウエハ供給キヤリア取出し処理のステップ4910とウエハ回収キヤリア取出し処理のステップ4911が実行され、供給側、回収側のウエハキヤリアは取出し

あると判断されると、処理はステップ4917に移行し、現在マスクカセットが設置状態にあり、かつマスクカセット取出し処理の実行可能条件が成立していれば、ステップ4918のマスクカセット取出し処理が実行され、マスクカセット1310は取出し状態となりシーケンスはステップ4903へ戻る。

マスクカセット設置指令(ステップ4919)は、前記のマスクカセット取出し指令の逆で、取出し状態にあるマスクカセット1310を本装置の焼付可能な設置状態にする機能処理を実行する為のものである。マスクカセット設置指令であることがステップ4919で判断されると、ステップ4920においてマスクカセット1310が取出し状態であり、マスクカセット設置処理実行可能条件が成立していれば、シーケンスはステップ4921のマスクカセット設置処理を実行し、マスクカセット1310は設置状態になる。また、シーケンスはステップ4903の操作指令待ちに戻る。

X線強度プロファイル計測指令(ステップ4922)

は、SOR リング 4への電子注入、Be 室 3512 の交換、I 鎮ミラー 1401 の調整…等々による X 線強度プロファイルの実験に対し、露光エリア全面で均等な X 線露光量を確保するシャウタ駆動データを作成する後処理を実行するものである。ステップ 4922 で X 線強度プロファイル計測指令であることが判定されると、処理はステップ 4923 に移行し、X 線強度プロファイル計測の実行可能条件のチェックがされ、可能条件が成立していれば、ステップ 4924 によって X 線強度プロファイルの計測処理が X 線ディテクター 1661（第 15 図参照）を用いて実行され、その後、処理はステップ 4903 へ戻る。

焼付指令（ステップ 4925）は、ウエハ 3 上のショットとマスク 2 を位置合わせした後に、指定された X 線露光量分の露光をステップアンドリピート方式で行う後処理を実行するものであり、ステップ 4926 で焼付指令であることが判定されると、処理はステップ 4926 に進みここで供給キヤリア 2501、回収キヤリア 2502 が設置状態に

5104 の判定を Yes で抜けて MCBPV3501 を開ける（ステップ 5105）。次に、MCMNV3502 を開けて、更に排気を行う（ステップ 5106）。圧力計 3510 が 10^{-4} Torr になら、ステップ 5107 の判定を Yes で抜けて MCMNV3502 及び第 1 BeBPV3513 を閉じる（ステップ 5108 及び 5109）。そして、第 1 MPG3516 及び第 2 MPG3517 を開けて（ステップ 5110 及び 5111）、ミラーユニット 101 と遭遇させる。次に、MCHeV3504 を開けて He ガスの供給を開始する（ステップ 5112）。圧力計 3510 が 150 Torr になら、ステップ 5113 の判定を Yes で抜けて GCMNV3508 を開け、ガスコンを開始する（ステップ 5114）。

メインチヤンバー 3101 の給排系処理が終了すると、ウエハロードチヤンバー 3109 などのサブチヤンバーの給排系処理を行う（ステップ 5003）。ウエハロードチヤンバー 3109 を例にとって説明する。第 52 図のステップ 5201～5203 に示すように、WLLV3312 を開けて一定時間後に閉じることによって、チヤンバー内部の圧力を

在るか、マスクカセット 1310 が設置状態に在るか、また JOB データが準備できているか等の焼付処理実行可能条件がチェックされた後に、ステップ 4927 で焼付処理に必要な JOB データがダウンロードされ、ステップ 4928 によって焼付の処理が実行される。処理が終了すると、処理はステップ 4903 に移り操作者による指令待ちとなる。

次に、第 32～35 図及び第 50～53 図を用いて、第 49 図の長期休止上げ 4902 のシーケンスを説明する。最初に、RORP3303、MNTMP3306、MNRP3307、GCRP3509 の各ポンプを起動する（ステップ 5001）。

次に、メインチヤンバー 3101 から給排系の処理を行う（ステップ 5002）。これを第 51 図に詳細に示す。この図において、まず、第 1 BeBPV3513 を開けて第 2 BeBPV3514 と閉じる（ステップ 5101、5102）。そして、MCBPV3501 を開けて長期休止時に導入された窒素ガスを排気する（ステップ 5103）。メインチヤンバー 3101 の圧力計 3510 が 0.1 Torr になったら、ステップ

外気と等しくする。ウエハアンロードチヤンバー 3111 及びマスクチヤンバー 3103 についても同様に、それぞれ WULV3313 及び MKLV3406 を開閉して、チヤンバーの内部の圧力を外気と等しくする。ウエハキヤリヤ 2501、2502 やマスクカセット 1301 をチヤンバー内に設置する時にチヤンバードアを開けるのが容易になる。

次に、各ステージや搬送系などのアクチュエーターの初期化を行う（ステップ 5004）。これを第 53 図に詳細に示す。この図において、まず、ウエハ供給エレベーター 1303b 及びウエハ回収エレベーター 1303a の初期化（ステップ 5301）を行い、それとのキヤリヤ置き台 2503、2508 をキヤリヤ交換可能な位置に移動させる。次に、イジエクター 1304 の初期化（ステップ 5302）を行い、第 26 図に示すようにイジエクター 1304 の各軸をそのホーム位置に移動させる。次に、マスクカセットローダーの初期化（ステップ 5303）を行い、テーブル 2808 をマスクカセットエレベーター 2805 によって一番下のホーム位置に移動させ（第

26図)、インデクサ2801を位置決めピン2901が所定位置に来るよう回転させる(第29図)。次に、ウェハトラバーサー1306の初期化(ステップ5304)を行い、ロードハンド2527及びアンロードハンド2528を両者が交差する位置に移動させ、2つのトラバーサー2駆動部2534、2535をSOR光頭4よりのホーム位置に移動させる。次に、オリフラ後知ステージ1306の初期化(ステップ5305)を行い、Yステージ2519、Xステージ2521、Yステージ2523をそれぞれのホーム位置に移動させる。次に、ウェハステージ1899の粗動X軸及び粗動Y軸の初期化を行い(ステップ5306)、マスクトラバーサー1311の動作と干渉しない位置に移動させる(ステップ5307)。次に、マスクトラバーサー初期化を行い(ステップ5308)、トラバースユニット2601をそのストロークの中心のホーム位置に移動させ、アームユニット2603をマスクカセットローダーの方向へ旋回させる(第27図参照)。次に、ウェハステージの粗動X、Y以外の軸の初期化(ステップ5309)

ンバー内と同じ150Torrになったことを確認したら、ステップ5504の判定をYesで抜けて、第1BeBPV3515を開け、第2BeBPV3514を閉じる(ステップ5505、5506)。次に、MCH₄V3504及びGCMNV3508を閉じてガスコンを停止する(ステップ5507、5508)。そして、MCN₂V3505を開けて直素ガスを導入する(ステップ5509)。メインチヤンバー3101の圧力計3510及びミラーポート3505の圧力計3519と共に760Torrになったら、ステップ5510及び5511の判定をYesで抜けるので、MCN₂Vを閉じる(ステップ5512)。最後に、再び第2BeBPV3514を開け、第1BeBPV3515を閉じる(ステップ5513、5514)。そして、第2MPGV3517を閉じることにより、ミラーユニット101をミラーポート3506から分離する(ステップ5515)。

次に、ウェハロードチヤンバー3109では、第56図に示すように、WLBPV3301を開け(ステップ5601)、Heガスを排気する。圧力計3314が0.1Torrになったら、ステップ5602の判定を

を行い、レーザー干涉計の原点出しを行う。最後に、マスクステージ1901の初期化(ステップ5310)及び各ピックアップステージ2411の初期化(ステップ5311)を行う。

次に、第32～35図及び第54～57図を用いて第49図の長期休止4906のシーケンスを説明する。まず、メインチヤンバー3101とウェハロードチヤンバー3109などのサブチヤンバーとを分離するために各ゲートバルブを開める(ステップ5401)。即ち、WLGVS108、WUGVS110及びMKGVS102を開じる。そして、各チヤンバーごとの給排系の処理を行う(ステップ5402)。

メインチヤンバー3101では、第55図に示すように、まずBe窓3512にかかる差圧を解除するために、第1MPGV3516及びMBPV3518を開じ、第2BeBPV3514を開ける(ステップ5501～5503)。コンダクス管3515を通してHeガスがメインチヤンバー3101からミラーポート3105へ流れ込むので、ミラーポート圧力計3519によってミラーポート3505内の圧力がメインチヤ

ンバー内と同じ150Torrになったことを確認した後、WLBPV3301を開じてWLMNV3304を開ける(ステップ5603、5604)。そして、圧力計が10⁻⁴Torrになったら、ステップ5605の判定をYesで抜け、WLMNV3304を開じる(ステップ5606)。次に、WLN₂V3310を開けて直素ガスを導入する(ステップ5607)。チヤンバー内が760Torrになったら、ステップ5608の判定をYesで抜け、WLN₂V3310を開じて直素ガスの導入を終了する(ステップ5609)。ウェハアンロードチヤンバー3111も給排系の処理は、同様なので説明は省略する。

次に、マスクチヤンバーでは、第57図に示すように、MKBPV3401を開けて、圧力計3406が0.1TorrになるまでHeガスを排気してMKBPV3401を閉じる(ステップ5701～5703)。更に、MKMNV3402を開けて、10⁻⁴Torrまで排気してMKMNV3402を開じる(ステップ5704～5706)。最後に、MKN₂V3404を開けて、圧力計が760Torrになるまで直素ガスを導入してMKN₂Vを閉じる(ステップ5707～5709)。

こうして各チャンバーごとの給排系処理（第54図のステップ5402）が終了すると、BORP3303、MNTMP3306、MNRP3307及びCCRP3309の各ポンプを停止させて（ステップ5403）、長期休止のシーケンスを終了する。

次に、第26図、第33図及び第58図を用いて第49図のウエハ供給キヤリヤ取り出し4910のシーケンスを説明する。まず、供給エレベーター駆動部2504によって供給キヤリヤ2501をキヤリヤ交換位置まで上昇させる（ステップ5801）。次に、WLGV3108を開じて（ステップ5802）、ウエハロードチャンバー3109をウエハイジエクターチャンバー3107から分離する。次にWLN₂V3310を開けて重素ガスを導入する（ステップ5803）。ウエハロードチャンバーの圧力計3314が760Torrになったら、ステップ5804の判定をYesで抜けてWLBPV3301を開じる（ステップ5805）。最後に、WLTV3312を一定時間だけ開けて（ステップ5806～5808）、チャンバー内部の圧力を外気と等しくしてチャンバーのドア

（ステップ5903）。ウエハロードチャンバーの圧力計3314が0.1Torrになるまで排気したら、ステップ5904の判定をYesで抜けてWLBPV3301を開じる（ステップ5905）。次に、WLMNV3304を開けてさらに排気を行う（ステップ5906）。圧力計が10⁻⁴Torrになったら、ステップ5907の判定をYesで抜けてWLMNV3304を開じる（ステップ5908）。次に、WLHeV3308を開けてHeガスを導入する（ステップ5909）。圧力計が150Torrになったら、ステップ5910の判定をYesで抜けてWLHeV3308を開じる（ステップ5911）。最後に、WLGV3108を開けてウエハロードチャンバーをウエハイジエクターチャンバー3107に通させる（ステップ5912）。第49図のウエハ回収キヤリヤの設置4915のシーケンスも同様なので、説明は省略する。

次に、第28～30図、第34図及び第60図を用いて第49図に示すマスクカセット取り出し4918のシーケンスを説明する。始めに、カセット本体2801のカセットカバー2802に対するω方向の

を開けやすくしてやる。第49図のウエハ回収キヤリヤの取り出し4911のシーケンスも同様なので、説明は省略する。

次に、第25図、第33図及び第58図を用いて第49図に示すウエハ供給キヤリヤ設置4919のシーケンスを説明する。次に、供給キヤリヤ2501は供給キヤリヤ置き台2503上に配置されているものとする。ウエハロードチャンバー3109のドアが閉じられてシーケンスがスタートすると、まず供給ウエハ有無検知部2507によってウエハが有るか無いかのチェックを行う。ウエハが無いとステップ5901の判定をNoで抜けて、供給エレベーター駆動部2504によって供給キヤリヤを1ピッチ分下降させる（ステップ5902）。ウエハが有るところまで、ステップ5901と5902を繰り返す。これは、キヤリヤの上部にのみウエハが導入されている場合に対応するものである。ウエハが存在すると、ステップ5901の判定をYesで抜けて給排処理に移る。まず、WLBPV3301を開けてチャンバー内のガスを排気する（ス

位置を合わせるために、インデクサ2810をその原点まで回転させる（ステップ6001）。次に、MKGV3102を開じてマスクチャンバー3103をメインチャンバー3101から分離して（ステップ6002）、給排処理を行う。まず、MKBPV3401を開けてHeガスを排気する（ステップ6003）。マスクチャンバーの圧力計3406が0.1Torrになるまで排気したら、ステップ6004の判定をYesで抜けてMKBPV3401を開じる（ステップ6005）。次に、MKN₂V3404を開けて重素ガスを導入する（ステップ6006）。圧力計が760Torrになったら、ステップ6007の判定をYesで抜けてMKN₂V3404を開じる（ステップ6008）。次に、マスクカセットエレベーター2805を駆動して、カセット本体2801をボス2904と組合した状態からカセットカバー2802と組合する位置まで下降させる（ステップ6009）。ここで、レバー3007によってカバーロック爪3005及びテーブルロック爪3006を駆動して、カセット本体テーブル2806から分離すると共にカセットカバーと

結合させる（ステップ 6010）。そして、マスクカセットエレベーターを駆動してテーブルを一番下のホーム位置まで下降させる（ステップ 6011）。最後に、MKLV3405を一定時間だけ開けて（ステップ 6012～6014）、マスクチャンバー 3103 内部の圧力を外気と等しくしてチャンバーのドアを開けやすくしてやる。

次に、第 28～30 図、第 34 図及び第 61 図を用いて、第 49 図のマスクカセット設置 4921 のシーケンスを説明する。既に、カセット台 2803 は、カバーロックユニット 2804 によってマスクカセット 1310 が装置固定され、マスクチャンバー 3103 内の所定の位置に収納されているものとする。チャンバーのドアが閉じられてシーケンスがスタートすると、まずマスクカセットエレベーター 2805 を駆動してテーブル 2806 がカセット本体 2801 に当たるまで上昇させる（ステップ 6101）。次に、レバー 3007 によってカバーロック爪 3008 及びテーブルロック爪 3006 を駆動して、カセット本体をカセットカバー 2802 から分離すると

共にテーブルと結合させる（ステップ 6102）。次に、マスクカセットエレベーターを駆動してカセット本体を上昇させ、ボス 2904 と結合させる（ステップ 6103）。そして、始終処理を行う。また、MKBPV3401を開けてチャンバー内のガスを排気する（ステップ 6104）。マスクチャンバーの圧力計 3406 が 0.1 Torr になるまで排気したら、ステップ 6105 の判定を Yes で向けて MKBPV3401 を閉じる（ステップ 6105）。次に、MKMNV3402 を開けてさらに排気を行う（ステップ 6107）。圧力計が 10⁻³ Torr になったら、ステップ 6108 の判定を Yes で抜けて MKMNV3402 を閉じる（ステップ 6109）。次に、MKHeV3408 を開けて He ガスを導入する（ステップ 6110）。圧力計が 150 Torr になったら、ステップ 6111 の判定を Yes で抜けて MKHeV3403 を閉じる（ステップ 6112）。最後に、MKGV3102 を開けて、マスクチャンバー 3103 をメインチャンバー 3101 に通連させる（ステップ 6113）。

第 62 図は X 線強度プロファイル計測処理の流れ

を示したフローチャート図である。以下、第 15 図と第 67 図を用いながら、この処理を説明する。

まず、ステップ 6201 で露光時の X 線強度計測をする為の X 線照度計 1541 と、X 線強度プロファイル計測用に X, Y に移動可能なウエハステージ 1899 上に配置された X 線ディテクター 1551 により、計測時の基本となる X 線強度の計測を X 線ディテクター 1551 を X 線照度計 1541 と同じ X 方向位置にして行う。以下、本ステップにおいて、X 線照度計 1541 によって計測された X 線強度計測値を D_{xx} 、X 線ディテクター 1551 によって計測された X 線強度計測値を D_{ss} と称する。ステップ 6202 は、X 線ディテクター 1551 をウエハステージ 1899 を Y 方向に駆動して、X 線強度プロファイル計測の各計測位置 P_{ss} （第 63 図参照）に移動させる為の処理である。そして、ステップ 6203 で、その計測位置における X 線強度を X 線ディテクター 1551 で計測する。なお、第 n 番目の位置で計測された X 線強度データを以降 D_{ss} で表す。ステップ 6204 では、ステップ 6203

で計測した X 線強度計測データ D_{ss} 、そ、ステップ 6201 での X 線強度計測基本データ D_{xx} を計測した時点からデータ D_{ss} を計測した時点までの時間的ディレーによる SOR リング 4 からの X 線強度の減衰量分の補正を行う。その補正後のデータを D_{ss}' とする。このステップ 6202～6204 の一連の処理によって、各計測位置 P_{ss} における X 線強度の減衰分も考慮した計測値データ D_{ss}' が得られる。

そして、ステップ 6205 で全計測位置 ($P_{ss} \sim P_{sn}$) での計測が終了したと判断されるまで処理はステップ 6202～6205 をループし、全計測位置での計測データ $D_{ss}' \sim D_{sn}'$ が収集された時点でステップ 6206 へと進む。ステップ 6206 においては、減衰分の補正後の計測データ $D_{ss}' \sim D_{sn}'$ を、 D_{ss} と D_{ss}' の関係によって補正した後、X 線照度計 1541 に関して別途定められている基準 X 線強度 D_{xx} に D_{ss}' を置きかえた時の値に換算する。これについては、第 64 図を用いて後述する。そして、 D_{xx} を基準として換算された各計測

位置のX線強度データ $D_{x1} \sim D_{xn}$ によって実際の露光エリア全面に対するX線強度プロファイルを求める。

次に、ステップ6207では、X線照度計1541でのX線強度が D_{xa} とした時に露光エリア全面で均等な割定められた基準X線露光量が照射される為のシャツク運動テーブルを、ステップ6206で求められたX線強度プロファイルを基に算出する。ステップ6208ではステップ6207で求められたシャツク運動データテーブルをシャツク制御部3913のソーステーブルメモリ4308にセットする。以上でX線強度プロファイル計算の処理は終了する。

第63図はX線強度プロファイル計算時の各計測位置 P_{xi} の概略を示すものである。図中、1541はX線照度計、1551はウェハステージ1899上に配置されX、Y方向に移動可能なX線ディテクタを示す。また、6301の破線は露光エリアを表し、 P_{xa} はX線照度計1541による D_{xa} の計測位置。 P_{xi} と $P_{xi} \sim P_{xn}$ はX線ディテクター1551に

してさらに、 D_{xa} をX線照度計1541の基準X線強度 D_{xa} に置き換えた時の各計測位置の換算X線強度 $D_{xi} \sim D_{xn}$ を求め、X線照度計1541の D_{xa} に対する露光面でのX線強度プロファイル6402を得る。

第65図は求められたX線強度プロファイルからシャツク運動データを作成するまでの概略を示したものである。図中、6501は露光エリア全面において、別途定められた基準X線露光量になる様に、前述のX線強度プロファイル6402から算出した露光時間曲線である。この曲線6501はX線照度計1541に基準X線強度 D_{xa} のX線が照射されている時、露光エリアの各点が基準露光量になるまでの露光時間を示したものである。

シャツク運動データは、メインシャツク1501の開口1530の先エツジ1531の通過から後エツジ1532の通過までの時間で決定される露光エリア全面における各点の露光時間が露光時間曲線6501と等値となる様にシャツク（スチールベルト1513）の移動速度曲線を求めた後、最小一定距離移動

による D_{xi} と $D_{xi} \sim D_{xn}$ の計測位置を示したものである。なお、 P_{xa} と P_{xi} はシャツク制御方向（Y方向）に対して同位置であればどこの位置でもよい。

第64図は各計測位置 P_{xi} のX線強度計測値 D_{xi} からX線強度プロファイルを求めるまでの概略を説明する為のものである。各計測位置 $P_{xi} \sim P_{xn}$ で、X線ディテクター1551によって計測されたX線強度計測値 $D_{xi} \sim D_{xn}$ にX線強度補正曲線6401で示す様なX線強度の減衰分を補正し、X線強度の変化が無ったとして計測値を表したのが $D_{xi}' \sim D_{xn}'$ である。この $D_{xi}' \sim D_{xn}'$ にX線照度計1541でのX線基本強度計測値 D_{xa} とX線ディテクター1551でのX線基本強度計測値 D_{xa} 間の補正をかけ、X線照度計1541による各計測位置の計測データ値として換算したものが $D_{xi} \sim D_{xn}$ である。すなわち $D_{xi} \sim D_{xn}$ はX線照度計1541で D_{xa} を計測した時の各計測位置 $P_{xi} \sim P_{xn}$ でのX線照度計1541による計測データとすることができる。

に要する時間のデータテーブルとして算出したものである。シャツクの移動曲線は、第66図も参照して、露光時間曲線6501における最短露光時間 t_{min} とシャツクの先エツジ1531から後エツジ1532までの距離 δ から一定速度区間ににおける速度を求め、最短露光時間となる P_{min} 位置よりシャツクの移動開始側部分における露光時間の t_{min} からの各点での差分 Δt_a はシャツクの先エツジ1531で、また、 P_{min} 位置よりシャツクの移動終了側部分における各点の差分 Δt_b はシャツクの後エツジ1532の移動速度によって補正する様にシャツクの一定速度区間までの立上りカーブと一定速度区間後の立下りカーブを決定する。

第68図は、第49図で説明した本装置の全体シーケンスのうち、装置に設置された供給キヤリヤ2501内のウェハ3の焼付けシーケンスステップ4928を示すフローチャートである。第49図の説明でも述べた様に、焼付け処理に必要なJOBデータはすでに装置本体にダウンロードされ、かつ、供給／回収キヤリヤ2501、2502及びマスクカ

セット1910が正常に設置されているものとする。

ステップ6801からステップ6803までは、供給キヤリヤ2501内の1枚目のウエハ待機の処理フローであり、以降ステップ6815までは、装置内に同時に存在する3枚のウエハ（露光処理中のウエハと搬送処理中のウエハ）のそれぞれの処理を並列で行なっていることを表す。まず、ステップ6801で供給キヤリヤ2501の1枚目のウエハ3をイジエクターハンド2612で取扱いし、オリフラ検知ステージ1305マザーランドを搬送し、オリフラ検知チャック1521に受け渡す。この時ウエハ3のオリフラの方向は不確定である。次に、ステップ6802で、オリフラ検知チャック1521にチャッキングされたウエハ3の重心（X、Y方向ズレ）取りと、オリフラ方向を一定方向にする処理を行う。オリフラの方向が定まり、設計位置からのズレも許容範囲となつたウエハ3を、ステップ6803において、ロードハンド2530に搬送し、装置本体内のウエハチャック1807に受け渡す。

1903にマスク2が未装着の場合、ステップ6807に進み、このステップ6807では、マスク回収の必要性、つまりマスクチャック1903にマスク2が装着されている場合は、ステップ6808に、そうでない場合は直接ステップ6809のマスク設置に分岐する。ステップ6808ではマスクチャック1903にチャッキングされているマスク2をマスクハンド2602で保持し、カセット本体2801内の所定のカセットステージ3001に戻す。マスクチャック1903上にマスク2が装着されていない状態で、ステップ6809において、今度は逆に、カセット本体2801内の所定のマスク2をマスクハンド2602で搬送し、マスクチャック1903に装着する。この時の所望マスク情報は、この焼付けシーケンス開始前にダウンロードされているJOBデータにある。ステップ6810ではマスクチャック1903に装着しなおしたマスク2と装置本体とのアライメントをとる。

以上ウエハチャック1807上のウエハ3、マスクチャック1903上のマスク2がそれぞれ装置の基準

ウエハチャック1807にチャッキングされたウエハ3は、この後、露光処理に入していくわけであるが、オリフラ検知チャック2521及びロードハンド2530がフリーになったので次のウエハ3の搬送も同時に進められる状態にある。よって、ステップ6804は、この並列処理の実行開始を示すものである。まず先に、ウエハチャック1807上有るウエハ3の露光処理をステップ6805からステップ6811に沿って述べ、その後にウエハの回収、次ウエハの供給処理をステップ6812からステップ6802に沿って述べる。

ウエハチャック1807にチャッキングされたウエハ3は、まず、ステップ6805で、プリアライメントシステム1307により装置本体とアライメントをとる。次に、ステップ6806で、マスクチャック1903に保持されたているマスク2が、今露光しようとしているウエハ用であるか否かを判断し、所望マスク2であれば、すぐにウエハのステップ＆リピート露光処理に行き、逆に、所望のマスク2でない場合、あるいはマスクチャック

とアライメントがとれた状態で、ステップ6811のステップ＆リピート露光処理に行く。このステップ6811ではウエハ3上の各露光ショット（ウエハ上パターン8201）とマスク上パターン8202とのアライメントをとり、つづいて露光すると言う一連の処理を繰り返す。全ショットあるいは所定数のショットの露光が完了すると、以下に説明するウエハの回収／供給処理との同期をとつて次のステップに進む。

ステップ6812からステップ6802のウエハ回収／供給処理について述べる。

まず、ステップ6812ではアンロードハンド2531で搬送してきたウエハ3があるか否か、つまり、今露光処理に入ったウエハが1枚目なのか2枚目以降かの判断をしており、2枚目以降のウエハ、つまり露光済のウエハがアンロードハンド2531により搬送されてきたならば、ステップ6813において、露光済ウエハをオリフラ検知ステージを仲介し、イジエクターハンド2612により回収キヤリヤ2502に納める。ステップ6814で、次に露光すべ

きウエハ供給キヤリヤ内にあるか否か判断し、あれば、先に説明したと同じウエハ供給（ステップ6801）、オリフラ検知（ステップ6802）を行い、現在露光処理中のウエハの処理が終了すれば、直ちに露光処理に移れる準備做し、前のウエハの露光処理終了を持つ。

ステップ6817は、並列で処理している露光処理とウエハ回収／供給の同期を表している。両処理が終了するとステップ6803において、露光箇ウエハ（ウエハチャック1807上ウエハ）をアンロードハンド2531で、次露先ウエハ（オリフラ検知チャック2521上ウエハ）をロードハンド2530で、それぞれ露光箇ウエハはオリフラ検知チャック2521へ次露先ウエハはウエハチャック1807へ搬送する。搬送後、ステップ6816で、先のウエハ供給判断ステップ6814でウエハが供給されているならば、ステップ6804に戻り、露光処理とウエハ回収／供給処理を並列に行う。しかし、ステップ6814で供給されなかった場合、つまり、今露光を完了してオリフラ検知チャック

よってイジエクターハンド2515を元の位置に引き戻す（ステップ6906）。

ここで、供給ウエハ有無検知部2507によって次に供給されるウエハ3が有るかどうかの判定を行う（ステップ6907）。もし、ウエハ3が無かった場合はこの判定をNoで抜けて、ステップ6903と同様にして1ピッチ分だけ供給キヤリヤを下限させる（ステップ6908）。そして、搬送系コントロールユニット4601によって管理される供給ウエハのカウント数が所定値になったかどうかで、ウエハ供給の終了かどうかの判定を行う（ステップ6909）。終了でなければ、この判定をNoで抜けて再びステップ6907を実行する。

ステップ6907で次供給ウエハが有ると、この判定をYesで抜けてイジエクター1304をステップ6901と逆に旋回させて（ステップ6910）、イジエクターハンド2515をオリフラ検知ステージ1305の方向に向ける。次に、イジエクターハンド2514によって、ウエハ3を吸着したイジエクターハンド2512を水平から垂直に回転

2521上にあるウエハが最終ウエハと判断された場合には、次のステップ6818に行き、そのウエハ回収キヤリヤに納め、このシーケンスを終了する。

次に、第26図及び第69図を用いて、第68図に示したウエハ供給6801のシーケンスを説明する。

まず、イジエクターのY駆動部2515によってイジエクター1304を旋回させてイジエクターハンド2512を供給キヤリヤ2501に対向させる（ステップ6901）。次に、イジエクターハンド2515が供給キヤリヤ2501内のウエハ3の下に来るよう、イジエクターステージ2517を移動させる（ステップ6902）。次に、供給エレベーター駆動部2504によって供給キヤリヤ2501をキヤリヤの1ピッチ分下降させ（ステップ6903）、イジエクターハンド2512の真空吸着を開始する（ステップ6904）。ウエハ3がハンド2515に吸着されると、ステップ6905の判定をYesで抜けるので、イジエクターステージ2517に

させる（ステップ6911）。そして、ウエハ裏面がオリフラ検知チャック2521と対面する位置までイジエクターステージ2517を移動させる（ステップ6913）。次に、イジエクターステージ2520を移動させてウエハの裏面をオリフラ検知チャックの表面に接触させ（ステップ6913）、オリフラ検知チャック2521の真空吸着を開始する（ステップ6914）。ウエハ3がオリフラ検知チャック2521にも吸着されると、ステップ6915の判定をYesで抜けるので、イジエクターハンド2515の方の吸着を終了させる（ステップ6916）。次に、イジエクターステージ2520を移動させて、イジエクターハンド2515とウエハ裏面とのクリアランスを確保する（ステップ6917）。最後に、イジエクターステージ2517をホーム位置に移動させて、イジエクターハンド2515をオリフラ検知ステージ1305から離ざせる（ステップ6918）。

第70図は第68図で説明した本装置の焼付処理のうちオリフラ検知ステップ6802のシーケンス

を示すフローチャートである。

オリフラ検知の開始状態では、第25図に示すオリフラ検知チャック2521にウエハ3が置かれ、オリフラは任意の方向を向き、ウエハ3の中心とオリフラ検知ステージ2523の中心（以下、本シーケンスの説明分中ではステージ中心と記す）との間には、第68図のウエハ供給6801シーケンス実行時の誤差によって生ずる偏心が存在している。また、オリフラ検知Xステージ2527及びオリフラ検知Yステージ2529は、計測を行う位置にある。

まず、第70図のステップ7001において、第46図のオリフラ検知インターフェース部4614を介してY軸駆動部4617を駆動し、オリフラ検知Yステージ2523を回転させ、等間隔回転中に等回転間隔でウエハ1回転分のウエハエッジ位置の計測を行う。1ポイントの計測方法は、ステージ中心と同じ高さに設けられたラインセンサ2525にラインセンサ用投光系2524で一定時間光を照射し、照射時間中にラインセンサ2526に蓄積された

オリフラの向いている方向の関係により、1ヶあるいは2ヶであり、1ヶの場合はその部分がオリフラに相当するが、2ヶある場合にはどちらがオリフラか判断する必要がある。ステップ7003では、極小値の箇数によってオリフラ判別の必要性を判断し、必要なれば処理をステップ7006に移している。

極小値が2ヶの場合には、オリフラに相当する部分ではデータ列 θ_1 の変化率が偏心によるものと比較して大きいので、以下の手順でオリフラ判別を行う。ステップ7004では、各極小値から左右にデータ列 θ_1 をスキヤンし、その極小値に微小量 $\Delta\theta$ を加えた値をとる回転角（第71図の θ_{11} 、 θ_{12} 、 θ_{21} 、 θ_{22} ）を探す。微小量 $\Delta\theta$ の設定は任意であるが、スキヤン中に2ヶの極小値の間にある極大値を超えないようにする必要があり、決定方法の1つとして極大値の小さい方と極小値の大きい方との差を $\Delta\theta$ とする方法がある。ステップ7005では、

$$\Delta\theta_1 = \theta_{12} - \theta_{11}$$

$$\Delta\theta_2 = \theta_{22} - \theta_{21}$$

電荷をオリフラ検知センサ信号処理部4618に送り、ウエハエッジ位置を出力として得るものである。この出力及びラインセンサ2526のステージ中心からの取り付け位置から、ステージ中心からウエハエッジまでの距離がわかる。ウエハ1回転分の計測終了後、オリフラ検知Yステージ2523が停止するまでに回転した角度をオーバーランの回転量として記憶し、補正駆動時にフィードバックする。

オリフラ検知Yステージ2523の回転角 θ_1 に対するステージ中心からウエハエッジまでの距離 r をグラフにしたもののが第71図である。7101は θ_1 の変化を示す曲線であり、偏心がないときは円弧に相当する部分は直線となる。7102はオリフラに相当する θ_1 の変化を示す曲線である。

ステップ7002からステップ7007までは、計測データの計算処理を行い、オリフラの位置を判定する。ステップ7002ではデータ列 θ_1 をスキヤンして極小値を検索し、極小値及びその極小値をとる回転角を記憶する。極小値の数は偏心と

して、 $\Delta\theta_1$ と θ_1 のうち小さい値を示す方がオリフラに相当すると判断する。

ステップ7006では、オリフラに相当する部分の計測点の組（ θ_1 、 θ_2 ）から、ステージ中心を原点とした座標系でのウエハエッジ位置座標（ X_1 、 Y_1 ）

$$X_1 = r_1 \cos \theta_1$$

$$Y_1 = r_1 \sin \theta_1$$

を求め、最小二乗法を用いてオリフラが乗っている直線の式、 $Y = aX + b$ を求める。但し、この計算に用いる計測点は確実にオリフラ上の点でなければならず、ウエハ径、オリフラの長さ、偏心の最大可逆性から決定できる。

第72図はステージ中心座標系でウエハを示したものである。同図で、3はウエハ、7201はオリフラの乗っている直線、7202はウエハ中心、7203は原点であるところのステージ中心である。ステップ7007では、ステップ7006で求めた直線の式 $Y = aX + b$ より、ステージ中心7203から直線7201に下ろした垂線がX軸方向となす角度、即ちオリ

フラ方向 $\theta_{0,r}$ と、基線の長さ、即ちステージ中心 7203 からオリフラまでの距離 $z_{0,r}$ とを以下の式から求めます。

$$\begin{aligned}\theta_{0,r} &= \tan^{-1}(-1/z) \\ z_{0,r} &= \sqrt{X_c^2 + Y_c^2} \\ &= \frac{|b|}{z^2+1}\end{aligned}$$

ここで (X_c, Y_c) は前記基線の足の座標である。但し、ここでは $\theta_{0,r}$ は \tan^{-1} で求めているので、 $-90^\circ < \theta_{0,r} < 90^\circ$ となっている。慌てて、 (X_c, Y_c) から $0^\circ \leq \theta_{0,r} < 360^\circ$ になるよう補正する必要がある。

ステップ 7008 からステップ 7010 までは、ウエハをロードハンド 2530 に受け渡す位置まで計算値に基づいて補正駆動を行う。ステップ 7008 では、ステップ 7007 で求めたオリフラ方向 $\theta_{0,r}$ に計測時のオーバーランの回転量を加味してオリフラが指定方向を向くように補正駆動量を算出し、オリフラ検知インターフェース部 4614 を介して

まず、ウエハトラバーサー 1306 のロードハンド 2530 がオリフラ検知チヤック 2521 上の供給ウエハの裏面側に入れるように、オリフラ検知 Y ステージ 2529 を上方に移動させてウエハを運搬させる（ステップ 7301）。次に、トラバーサス運動部 2538 によって、ストロークの中央のホーム位置にいるロード X ステージ 2536 及びアンロード X ステージ 2537 をロードハンド 2530 がオリフラ検知ステージ 1305 領へ、アンロードハンド 2531 がウエハステージへ領へ来るよう移動させる（ステップ 7302）。次に、ロード Z0 ステージ 2532 を移動させて、ロードハンド 2530 がオリフラ検知チヤック 2521 上の供給ウエハ裏面側に来るよう置かす（ステップ 7303）。そして、オリフラ検知 Y ステージ 2529 を下降させて元の位置に戻す（ステップ 7304）。次に、ロード Z0 ステージ 2532 を移動させて、ウエハ裏面にロードハンド 2530 を接触させ（ステップ 7305）、ロードハンド 2530 の真空吸着を開始する（ステップ 7306）。供給ウエハ 3 がロードハンド 2530 に

8 軸運動部 4617 を駆動し、オリフラ検知 X ステージ 2523 を駆動量が少ない方向に回転させる。このとき、バツクラッシュを防ぐため、最終的には一方角からの突き当てるとする。ステップ 7009 では、ステップ 7007 で求めたステージ中心からオリフラまでの距離 $z_{0,r}$ を用いて、オリフラの高さが X 方向突き当てる時の高さになるように、オリフラ検知インターフェース部 4614 を介して Y 軸運動部 4616 を駆動し、オリフラ検知 Y ステージ 2529 を移動させる。ステップ 7010 では、ラインセンサ 2526 及びラインセンサ用投光器 2524 を用い、オリフラ検知センサ信号処理部 4618 を通してウエハエッジ位置を検出しながら、オリフラ検知インターフェース部 4614 を介して X 軸運動部 4616 を駆動し、オリフラ検知 X ステージ 2527 を移動させ、一方角突き当てるウエハを設計位置に移動させる。

次に、第 26 図及び第 73 図を用いて第 68 図に示したロード / アンロード 8803 のシーケンスを説明する。

吸着されると、ステップ 7307 の判定を Yes で抜けるので、オリフラ検知チヤック 2521 の方の吸着を終了させる（ステップ 7308）。そして、ロード Z0 ステージ 2532 を移動させて、供給ウエハを吸着したロードハンド 2530 を元の位置（ロード Z0 ステージのホーム位置）に戻す（ステップ 7309）。

一方、アンロードハンド 2531 はアンロード ZW ステージ 2533 の移動によって、ウエハチヤック 1807 上の回収（露光済み）ウエハの裏面側となる位置に来るよう動かされる（ステップ 7310）。そして、ウエハステージ 1809 を露光時の位置からウエハ受渡し位置へ移動（下降）させる（ステップ 7311）。次に、アンロード ZW ステージ 2533 を移動させて、回収ウエハ裏面にアンロードハンド 2531 を接触させ（ステップ 7312）、アンロードハンド 2531 の真空吸着を開始する（ステップ 7313）。回収ウエハがアンロードハンド 2531 に吸着されると、ステップ 7314 の判定を Yes で抜けるので、ウエハチヤック 1807 の方の吸着を

終了させる(ステップ7316)。そして、アンロードZwステージ2533を移動させて、回収ウエハを載着したアンロードハンド2531を元の位置(アンロードZwステージのホーム位置)に戻す(ステップ7316)。

次に、トラバーサX駆動部2638によって、ロードXステージ2536及びアンロードXステージ2537をロードハンド2530がウエハステージ側へ、アンロードハンド2531がオリフラクタ知知ステージ側へ来るよう移動させる(ステップ7317)。次に、ロードZoステージ2533を移動させて、ロードハンド2530に供給保持された供給ウエハをウエハチャック1807裏面に接触させ(ステップ7318)、ウエハチャック1807の真空吸着を開始する(ステップ7319)。供給ウエハがウエハチャック1807に吸着されると、ステップ7320の判定をYesで抜けるので、ロードハンド2530の方の吸着を終了させる(ステップ7321)。そして、ロードZoステージ2532を移動させて、ロードハンド2530と供給ウエハ裏面とのクリアランス

を確保する(ステップ7322)。

次に、ウエハステージをブリAA位置へ移動(上昇)させ(ステップ7323)、ロードハンド2530を元の位置(ロードZoステージのホーム位置)に戻す(ステップ7324)。一方、アンロードハンド2531はアンロードZwステージ2533の移動によって、吸着保持した回収ウエハをオリフラクタ知知チャック2521裏面に接触させ(ステップ7325)、オリフラクタ知知チャック2521の真空吸着を開始する(ステップ7326)。回収ウエハがオリフラクタ知知チャック2521に吸着されると、ステップ7327の判定をYesで抜けるので、アンロードハンド2531の方の吸着を終了させる(ステップ7328)。そして、アンロードZwステージ2533を移動させて、アンロードハンド2531と回収ウエハ裏面とのクリアランスを確保する(ステップ7329)。次に、オリフラクタ知知Yステージ2529を上方に移動させて回収ウエハを退避させ(ステップ7330)、アンロードハンドを元の位置に(アンロードZwステージのホーム位置)に戻す(ステ

ップ7331)。次に、トラバーサX駆動部2638によって、ロードハンド2530及びアンロードハンド2531がストロークの中央のホーム位置に来るようロードXステージ2536及びアンロードXステージ2537を移動させる(ステップ7332)。最後に、オリフラクタ知知Yステージを元の位置に戻す(ステップ7333)。

なお、供給ウエハが無い場合には、ステップ7301、7303～7309及び7318～7324は実行されない。同様に回収ウエハが無い場合には、ステップ7310～7316、7325～7331及び7333は実行されない。

第74図は、第68図で説明した本装置の操作処理のうち、ウエハブリアライメントステップ6805のシーケンスを示すフローチャートである。このフローチャートは第2レイヤー以降のウエハ、つまりウエハ3上にすでにアライメントマークが描画されている状態のウエハ3のブリアライメントを示している。

なお、ウエハブリアライメントを開始する状態

では、前段シーケンスのオリフラクタ知知調整及びウエハロード調整により、ウエハ3は、第75図に示す様に、ウエハチャック1807へのチヤッキング時の設計位置7501にはならず、X、Y及び回転方向にズレが生じた実際の位置7502になっている。また、ウエハ3の厚みも、理想ウエハの様な均一厚さでなく、厚みムラ、特にくさび成分を有している。

まず、ステップ7401で第1マークを計測する為に、第17図X駆動ステージ1710及びY駆動ステージ1705を駆動して、プリ光学系の対物レンズ2106(第21図参照)と第1マークの設計位置7503とが対向する様にする。次に、ステップ7402において、Zチルト駆動用インチワーム1813(第18図参照)によってZチルトステージ1805を移動する。この際、Zチルト駆動用インチワーム1813の駆動は、Zチルト制御用変位センサ1820の出力に基づいて制御され、Zチルトステージ1806は予め設定されている基準ギャップ値 Z_{sd} に対応する値だけ移動する。これにより、第25図に示した

ブリAF系2119～2124で、Zチルトステージ1805上のウエハ3のZ方向位置（Z方向ギャップ）を計測することが可能となる。

ステップ7403において、第21回のPSD2124の出力を第39回のブリAA・AF制御部3907で処理し、ギャップ値 Z_1 を計測する。ステップ7404では計測した実際のギャップ値 Z_1 と設定ギャップ値 S_{set} から補正ズレ量（ $\Delta Z_1 = Z_{\text{set}} - Z_1$ ）を算出し、現在計測しているウエハ面が Z_{set} のギャップになる様、Zチルト駆動用インチワーム1813を駆動し、Zチルトステージ1805を移動させる。この状態で、ブリAA光学系（第21回参照）のピント合せが達成されたことになる。次に、ステップ7405において、第21回のカメラセンサー2117の出力をブリAA・AF制御部3910で処理し、第1マークの設計位置7503と実際位置7505とのズレ ΔX_1 、 ΔY_1 を計測する。以上、ステップ7401からステップ7405の処理により、第1マーク位置での理想ウエハとの厚み差 ΔZ_1 及び設計位置からのズレ量（ ΔX_1 、 ΔY_1 ）が求められた。

ておく。もししくは、直ちに補正駆動をかける。最後に、ステップ7415においてZチルトステージ1803を下げる、チャッキングされているウエハ3をブリ光学系の対物レンズ2106から遠ざける位置に移動させる。

なお、以上の説明では、第2レイヤー以降のウエハを対象に述べたが、第1レイヤーのウエハの場合、アライメントズレ計測をするべきマークがウエハ上にないので、ステップ7405、7410のAA計測、ステップ7404、7409のピント出し駆動、ステップ7412の $\Delta \theta_1$ トランプ判定、ステップ7413の θ 補正駆動が不要となる。すなわち、この場合ブリアライメントシーケンスは、ウエハの厚み誤差 ΔZ_{PA} を求める、露光時に反映させることが目的となる。

次に、ブリアライメント補正量の計算式を第75回を用いて説明する。前回のステップ7405とステップ7410で計測したそれぞれのX、Y方向のズレ量（ ΔX_1 、 ΔY_1 ）（ ΔX_2 、 ΔY_2 ）より、ウエハ3全体のX、Y方向ズレを両者の平均と

次に、ステップ7406からステップ7410において、第2マークに対しても第1マークで行なったと同じ処理を実行し、第2マーク位置での理想ウエハとの厚み差 ΔZ_2 （ $= Z_{\text{set}} - Z_2$ ）、及び設計位置7504からの実際位置7506のズレ量（ ΔX_2 、 ΔY_2 ）を求める。

ステップ7411において2つのマークズレからウエハ3の回転ズレ $\Delta \theta_1$ を算出する。ここで添字1は以下説明する補正駆動ループのイテレーション回数を示す。算出した $\Delta \theta_1$ をステップ7412で、予め設定された許容回転ズレと比較し、許容範囲外と見なされたなら、ステップ7413において、第18回に示すθ駆動ステージ1805をθ駆動機構1814～1816の駆動によりズレ量 $\Delta \theta_1$ だけ補正し、再びステップ7401に戻り第1マークのマークズレ計測から繰返す。逆に許容範囲内と見なされたなら、ステップ7414において、このブリアライメントシーケンスで求めたウエハの厚み誤差 ΔZ_{PA} 、設計位置からのズレ（ ΔX_{PA} 、 ΔY_{PA} ）及び $\Delta \theta_{PA}$ を露光時に補正がかけられる機記憶し

して、

$$\Delta X_1 = (b \cdot \Delta X_1 + a \cdot X_1) / L$$

$$\Delta Y_1 = (b \cdot \Delta Y_1 + a \cdot Y_1) / L$$

求める。ここで、aはウエハ中心7507から第1マーク設計位置7503までの距離（X方向距離）、bはウエハ中心7507から第2マーク設計位置7504までの距離（X方向距離）であり、マーク間距離 $L = a + b$ である。また添字1は前回のフローチャートの補正駆動ループのイテレーション回数を示す。また、回転ズレを両マーク間の距離とそれぞれのY方向へのズレ量より

$$\Delta \theta_1 = (\Delta Y_1 - \Delta Y_2) / L$$

とする。ここで、Y方向のズレを用いて回転ズレを算出しているのは、この回で示す様に、ウエハ中心7507をはさんで左右方向に第1マーク、第2マークを配置している為であり、もしウエハ中心をはさんで上下方向にマークが配置されていればX方向ズレにより求めることになる。

添字1が付いているこれらのズレ量は、今回のイテレーションでのズレ量であり、前回までの

ループを含めたこのシーケンス全体でのズレ量を

$$\Delta X = \Delta X + \Delta X_1$$

$$\Delta Y = \Delta Y + \Delta Y_1$$

として更新する。

最後にステップ7414でのブリアライメント補正量は

$$\Delta Z_{PA} = (b \cdot \Delta Z_1 + a \cdot \Delta Z_2) / L$$

$$\Delta X_{PA} = \Delta X$$

$$\Delta Y_{PA} = \Delta Y$$

$$\Delta \theta_{PA} = \Delta \theta_1$$

となる。ここで $\Delta \theta_{PA}$ は θ 補正しきれなかった量（ただしトレランス内）であり、露光時にそのショット位置ごとの X 、 Y 成分に換算して補正する。

次に、第17図、第27～29図及び第76図を用いて、第68図に示したマスク回収6808のシーケンスを説明する。まずウエハステージ1999をマスク搬送系の動作に干渉しない位置（SOR側から見て露光中心の左上方）に退避させる（ステップ

マスクステージチヤツクマグネットに対する逆動磁を中止する（ステップ7609）。

次に、トラバースユニット2601を、アームユニット2603が旋回可能な、マスクステージ1901とマスクカセット1301の真ん中のホーム位置へ移動させる（ステップ7610）。そして、アーム旋回用のモータ2707によって、マスクハンド2602がマスクステージ方向からマスクカセット方向に向くようにアームユニット2603を旋回させる（ステップ7611）。次に、トラバースユニット2601を前記ホーム位置からマスクカセット側へ移動させる（ステップ7612）。そして、トラバースユニット2601によってマスク2を把持したマスクハンド2602をカセットステージ3001に対し突き当てる（ステップ7613）。

ステップ7605と同様にして、所定の突き当て力が得られるとステップ7614の判定をYesで抜ける。次に、マスクチヤツク3002を逆動磁して吸着力をなくし（ステップ7615）、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602

ブ7601）。次に、マスクハンド2602を開いて（ステップ7602）、トラバースユニット2601をマスクカセット側の待機位置からマスクステージ側まで移動させる（ステップ7603）。そして、トラバースユニット2601によって、マスクステージ1999上に吸着保持されているマスク2に対してマスクハンド2602を突き当てる（ステップ7604）。その際の突き当て力を突き当てセンサ2705で検出して、所定の突き当て力が得られたかどうかを判断する（ステップ7605）。所定の突き当て力に足りなければ、このステップの判定をNoで抜けてステップ7604に戻る。所定の突き当て力が得られれば、この判定をYesで抜けてマスクハンドを閉じる（ステップ7606）。

次に、マスクステージ1999のチャックマグネットに電流を流す送動磁によってマスク2に対する吸着力をなくし（ステップ7607）、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602をZ方向に移動させて、マスクステージ1901からマスク2を分離する（ステップ7608）。そして、

をZ方向に移動させて、マスク2をカセットステージ面と接触させる（ステップ7616）。そして、マスクチヤツク3002の逆動磁を中止して、マスクチヤツク3002によってマスク2を吸着保持する（ステップ7617）。最後に、マスクハンド2602を開いて（ステップ7618）、トラバースユニット2601をホーム位置に移動させ（ステップ7619）、マスクハンド2602を閉じる（ステップ7620）。

次に、第17図、第27～29図及び第76図を用いて、第68図に示したマスク接地6809のシーケンスを説明する。まず、インデクサ2810を駆動して、カセット本体2801を1マスク分ずつ回転させ（ステップ7701）、次に使用するマスクかどうかのチェックを行う（ステップ7702）。指定マスクであれば、ステップ7702の判定をYesで抜ける。次に、マスクハンド2602を開いて（7703）、トラバースユニット2601をマスクステージ1999とマスクカセット1310の真ん中のホーム位置からマスクカセット側へ移動させる（ステップ7704）。そして、カセットステージ

3001 上に収着保持されているマスク 2 に対してトラバースユニット 2601 によってマスクハンドを突き当てる (ステップ 7705)。その際の突き当てセンサ 2705 を検出して、所定の突き当て力が得られたかどうかを判断する (ステップ 7706)。所定の突き当て力に足りなければ、このステップの判定を No で抜けてステップ 7705 に戻る。所定の突き当て力が得られれば、この判定を Yes で抜けてマスクハンド 2602 を閉じる (ステップ 7707)。

次に、カセットステージ 3001 のチャックマグネットに電流を流す逆動磁によってマスク 2 に対する吸着力をなくし (ステップ 7708)、マスクハンド上下用モーター 2706 によってマスクハンドを Z 方向に移動させて、カセットステージ 3001 からマスク 2 を分離する (ステップ 7709)。そして、カセットステージチャックマグネットに対する逆動磁を中止する (ステップ 7710)。

次に、トラバースユニット 2601 をアームユニット 2603 が旋回可能なホーム位置へ移動させる

(ステップ 7711)。そして、アーム旋回用のモーター 2707 によって、マスクハンド 2602 がマスクカセット方向からマスクステージ方向に向くよう、アームユニットを旋回させる (ステップ 7712)。次に、トラバースユニット 2601 を前記ホーム位置からマスクステージ面へ移動させる (ステップ 7713)。そして、トラバースユニット 2601 によって、マスク 2 を把持したマスクハンド 2602 をマスクステージ 1901 上のマスク位置決め V プロワ 1905 に対して突き当てる (ステップ 7714)。

ステップ 7706 と同様にして、所定の突き当て力が得られると、ステップ 7715 の判定を Yes で抜ける。次に、マスクステージ 1909 のチャックマグネットを逆動磁して吸着力をなくし (ステップ 7716)、マスクハンド上下用モーター 2706 によってマスクハンド 2602 を Z 方向に移動させて、マスク 2 をマスクステージ面に接触させる (ステップ 7717)。そして、チャックマグネットの逆動磁を中止して、チャックマグネットによってマスク 2 を収着保持する (ステップ 7718)。最後に、マ

スクハンド 2602 を閉じて (ステップ 7719)、トラバースユニット 2601 をマスクカセット側の待機位置に移動させ (ステップ 7720)、マスクハンドを開じる (ステップ 7721)。

第 78 図は、第 68 図で説明した本装置の焼付装置のうちマスクアライメントのシーケンス、即ちステップ 6810 を示すフローチャートである。マスクアライメントを開始する状態では、前段のシーケンスのマスク設置時のチャッキング精度により、第 79 図に示す様に、マスクチャック 1908 へのマスク 2 のチャッキングは設計位置 7901 にならず、X、Y 及び回転方向にズレが生じ、実際のチャッキング位置 7902 になっている。よって、これから計測すべきマスク AA マーク (Y_u マーク、Y_l マーク、X_u マーク、X_l マーク) も設計位置 7903~7906 からそれぞれ実際位置 7907~7910 にズれている。

まず、ステップ 7801 で、4 つあるピックアップ 2401 がそれぞれ計測しようとしているマークの設計位置 7903~7906 に対応するように、ピック

アップステージ 2411 を駆動する。次に、各マークを計測していくわけであるが、前述したように、マスクアライメントに利用される座標基準マーク 1821 (第 18 図参照) は Z チルトステージ 1805 上の 1ヶ所にまとめられており、同時に 4 マークを計測することは不可能である。従って、本実施例では、座標基準マーク 1821 をそれぞれのマークと順に対向させ、シーケンシャルに計測していくことになる。すなわち、以下に説明するステップ 7802 からステップ 7811 までの一連の処理が、1 マーク計測にかかるシーケンスであり、このループを 4 回繰返すことにより、1 回のズレ計測が行える。

ステップ 7802において、今計測しようとしているマスク AA マークの設計位置、たとえば 7903 と対向する位置に Z チルトステージ 1805 上にある座標基準マーク 1821 がくる様に、Y 駆動ステージ 1705 及び X 駆動ステージ 1710 を駆動する。ステップ 7803においては、マスク 2 と座標基準マーク 1821 とのギャップ計測が、第 23 図に

示すピックアップ 2401 を用いて行える位置まで Z チルトステージ 1805 を Z チルト駆動用インチワーム 1713 を駆動して移動させる。そして、ステップ 7804において、第 23 図の AF センサ 2332 の出力を第 39 図に示したファイン AA・AF 制御部 3910 より処理し、AF 信号 Z_R (マスク AA マーク 7903 の場合) を計測する。

次に、ステップ 7805 で、現在の計測値 Z_R とマスク AA 計測の為の設定ギャップ Z_{RA} とから補正駆動量 $\Delta Z_R = Z_{RA} - Z_R$ を算出し、マスク 2 と底板基準マーク 1821 とのギャップが設定ギャップ Z_{RA} になる様 Z チルト駆動用インチワーム 1813 を駆動し、Z チルトステージ 1805 を移動させる。この後、ステップ 7806 において、第 23 図の AA センサ 2332 の出力をファイン AA・AF 制御部 3910 で処理することにより、AA 信号 ΔY_R (マスク AA マーク 7903 の場合) を計測する。この信号は、底板基準マーク 1821 とマスク AA マークのズレから生じるものである。なお、底板基準マーク 1821 はステージ 1899 の送り精度により、

述べたステップ 7802 から 7810 のシーケンスにより計測を継続する。

もし、4 マークの計測が終了したら、ステップ 7812 でマスク全体の設計値からのズレ ΔX_1 , ΔY_1 及び $\Delta \theta_1$ を、4 つの計測データ ΔY_R , ΔX_R , ΔY_L , ΔX_L から求める。ここで添字 1 は補正駆動ループのイテレーション回数を示す。ステップ 7813 で、このズレ量を予め定められている許容値と比較し、トランス内なら、ステップ 7812 で算出したズレ量を、露光時の補正量となる様記憶し、マスクアライメントシーケンスを終了する。逆に、ズレ量がトランス外なら、ステップ 7816 で $\Delta \theta$ を補正する様、マスク 8 ブレート 1912 を駆動し、再び、4 マークを計測する為にステップ 7801 に戻る。ステップ 7801 に戻り、ピックアップ 2410 を移動する理由は、マスク 2 自身を動かしたためである。さらに、ステップ 7802 での底板基準マーク 1821 の設定位置も、1 回目のマスク AA マークの設計位置 7903～7906 ではなく、ステップ 7812 で算出した ΔX_1 , ΔY_1 及び $\Delta \theta_1$ を考慮

ほぼ設計位置にあるので、このズレはマスク AA マークの設計位置からのズレとなる。

ステップ 7808 において、計測した値が充分な計測精度が得られるトランス内か否かを判別し、トランス外ならば、計測しているズレに応じ X 方向あるいは Y 方向へのステージ 1899 の補正駆動を行い、底板基準マーク 1821 をマスク AA マークの実際の位置例えば 7907 に近づけ、再び AA 計測をする為にステップ 7806 に戻る。なお、この時駆動した量もマーカズレ量に加える。もし、ステップ 7808 でトランス内と判別されたなら、1 マークに対する計測を完了したことになり、ステップ 7810 で底板基準マーク 1821 がマスク 2 から離れる方向に Z チルトステージ 1805 を駆動し、底板基準マーク 1821 が他のマスク AA マークと対向できる準備をする。ステップ 7811 で、4 マークすべての計測が終ったかチェックし、まだ未計測のマークが残っているならステップ 7802 に戻り、底板基準マーク 1821 を次のマスク AA マークの設計位置、例えば 7904 と対向させ、上で

した位置となる。

次に、第 79 図を用いて、マスクアライメント補正量の具体的な計算式を示す。前図のステップ 7806 で計測した、4 マークそれぞれの X, Y 方向のズレ量、 ΔY_R , ΔX_R , ΔY_L , ΔX_L より、マスク 2 全体の設計位置からの X, Y 方向ズレを

$$\Delta X_1 = (\Delta X_R + \Delta X_L) / 2$$

$$\Delta Y_1 = (\Delta Y_R + \Delta Y_L) / 2.$$

なる平均値とする。ここで添字 1 は前図のフローチャートの補正駆動ループのイテレーション回数を示す。この場合、各マスク AA マークの設計位置 7903～7906 はマスク 2 の中心から対称な位置に配置されているものと考えている。次に、回転ズレを X, Y の各方向で向かいあうマーク間の距離と、それぞれの X 方向ズレ、Y 方向ズレより、

$$\Delta \theta_1 = n - \Delta \theta_Y + (1-n) \cdot \Delta \theta_X, 0 \leq n \leq 1$$

ただし、 $\Delta \theta_Y = (\Delta Y_L - \Delta Y_R) / L$

$$\Delta \theta_X = (\Delta X_L - \Delta X_R) / L$$

とする。 $\Delta \theta_Y$, $\Delta \theta_X$ は、それぞれ Y ズレ情報

からの回転ズレ量、Xズレ情報からの回転ズレ量であり、 $\Delta\theta_1$ はその $\Delta\theta_x$ 、 $\Delta\theta_z$ の一次結合となっている。ロ=0.5なら $\Delta\theta_1$ は $\Delta\theta_x$ 、 $\Delta\theta_z$ の平均である。

また、計測時に、あるマーク、例えば ΔX_u の計測エラーが生じた場合には、

$$\Delta X_1 = \Delta X_u$$

$$\Delta\theta_1 = \Delta\theta_u$$

とする事で、マスク全体のズレを求める事も可能である。

添字1が付いているこれらのズレ量は、今回のイテレーションでのズレ量であり、ループを始めた本シーケンス全体でのズレ総量を

$$\Delta X_{uA} = \Delta X_{uA} + \Delta X_1$$

$$\Delta Y_{uA} = \Delta Y_{uA} + \Delta Y_1$$

$$\Delta\theta_{uA} = \Delta\theta_{uA} + \Delta\theta_1$$

として更新する。前回のステップ7812で記憶する、露光時に考慮する修正量は、これらの最終時の値となる。 $\Delta\theta_{uA}$ は、マスク0ブレート1912にフィードバックされる値であり、 ΔX_{uA} 、 ΔY_{uA}

はそれぞれウエハ側のX駆動ステージ1710、Y駆動ステージ1705にフィードバックされる値である。

第80図は、第68図で説明した本装置の検付処理のうちステップアンドリピート露光ステップ6811のシーケンスを示すフローチャートである。ただし、このフローチャートは、前述のプリアライメントシーケンスと同様、第2レイヤー露光のウエハ、つまりウエハ3上にすでにアライメントマークが搭載されているウエハ3に対するステップアンドリピート露光を説明するものである。ステップアンドリピート露光の開始状態では、ウエハ3はプリアライメント6805を終了してウエハチャック1807に吸着されており、マスク2はマスクアライメント6810を終了してマスク0すれ $\Delta\theta_{uA}$ が与えた状態でマスクチャック1903に吸着されている。

まず、ステップ8001で、アライメントマークを計測する為に、ピツクアップステージ制御部3906を介して4つのピツクアップ2401を駆動し

て、第23図に示すように、アライメント用の投光ビーム2307がマスク上マーク2332のそれぞれに当たる様にする。次に、ステップ8002で、ステージ制御部3918を介してX駆動ステージ1710及びY駆動ステージ1705を駆動し、第82図に示すように、これから露光しようとするウエハ上パターン8201がマスク上パターン8202と対向する様にする。そして、ステップ8003で、ステージ制御部3918を介してZチルトステージ1805を駆動し、ウエハ3とマスク2との距離がピツクアップ2401で計測できる位置(AP計測ギャップ位置)まで移動させる。続いて、ステップ8004では4つのピツクアップ2401の各APセンサ2332の出力を第39図に示したファインAA・AP制御部3910で処理して、4つのマーク位置でのマスク2とウエハ3の間のギャップ Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 を計測する。ステップ8005では、前ステップで計測した4点のギャップ値から、今露光しようとするショット全体で、AA計測ショット露光ギャップ位置 Z_{exp} からのずれが最も小さくなる様に、補正

電動量 ΔZ 、 $\Delta\omega_x$ 、 $\Delta\omega_y$ を算出し、ステージ制御部3918を介してZチルトステージ1805を移動させる。この状態でオートフォーカスが完了し、マスク2とウエハ3との間のギャップがほぼ等しく保たれている。

次に、ステップ8006で、4つのAAセンサ2331(第23図参照)の出力をファインAA・AP制御部3910で処理して、4つのマーク位置でのマスク上マーク2332とウエハ上マーク8203とのAA方向のずれ ΔX_u 、 ΔX_s 、 ΔY_u 、 ΔY_s を計測する。ステップ8007では、前ステップで計測した4点のずれ量から、ショット中心におけるマスク上パターン8202とウエハ上パターン8201とのずれ ΔX 、 ΔY 、 $\Delta\theta$ を前述のように計算する。ステップ8008では、前ステップで計算したずれ量 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta\theta$ をトレランス判定する。トレランス外ならば、ステップ8009でステージ制御部3918を介してX駆動ステージ1710、Y駆動ステージ1803、Y駆動ステージ1705、Y駆動ステージ1802を駆動して、ウエハステージ側でX、Y方向のずれ

を補正し、一方でマスクθプレート1912を駆動してマスクステージ側でθずれを補正し、ステップ8006のAA計測に戻る。

ステップ8008でX, Y, θずれがトレランス内ならば、ステップ8010で1ショット露光を行う。ここでは、X線强度計1541で現在のX線強度を測定し、必要光量から前述のように露光時間求めめる。この露光時間とX線1の減衰分（プロファイル補正用データ）をシャッタ制御部3918に与え、露光ショット全面にマラなくX線1が照射される様にメインシャッタユニット1501を駆動する。

露光が終了したら、ステップ8011で、ステージ制御部3918を介してギャップ解除位置までZチルトステージ1805を駆動し、ウエハ3をマスク2から離さげる。そして、ステップ8012で次に露光すべきショットがあるか無いかを判断し、無ければ本シーケンスを終了し、有れば次のショットの露光の為にステップ8002に戻る。

なお、以上の説明では、第2レイヤー以降のウエ

ハを対象に述べたが、第1レイヤーのウエハの場合、アライメントずれを計測するべきマークがウエハ上にないので、ステップ8006～8009のAA計測ずれ量計算、トレランス判定、補正駆動が不要となる。すなわち、本ステップアンドリピート露光シーケンスでは、ウエハ3の厚みムラや歪みの焼付への影響を除くことが目的となる。

Zチルト補正量の計算式を第81図を用いて説明する。ステップ8004で、ウエハ3がAF計測位置近傍にある状態で計測した4つのマーク位置でのマスク2とウエハ3との間のギャップから、そのショットを平面に近似する。ウエハ3は本来平面ではあるが、厚みムラがあり、またプロセスが進むにつれて歪みが生じるので、露光しようとするショット全体で、AA計測ショット露光ギャップ位置からのずれが最も小さくなる様に、ギャップ補正をする必要がある。まず、4つの計測ポイントの座標とそれらの位置でのギャップ計測値を、3次元座標

$$(x_i, y_i, z_i) \quad i=1 \sim 4$$

とし、平面方程式

$$a x_i + b y_i + c z_i = 1 \quad i=1 \sim 4$$

を用たずパラメータ(a, b, c)を最小二乗法により解く。

次にこの近似平面からZチルト補正量を求める。この平面の法線ベクトル $\vec{v} = (a, b, c)$ を正規化し、

$$\vec{v}_n = (a_n, b_n, c_n),$$

$$\|\vec{v}_n\| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2 + c_n^2} = 1$$

とする。今、合わせたい平面の法線ベクトルは、 $\vec{v} = (0, 0, 1)$

なので、ショット中心におけるチルト補正量、即ちX軸まわりの補正量 $\Delta \omega_x$ 、及びY軸まわりの補正量 $\Delta \omega_y$ は、

$$\Delta \omega_x = \tan^{-1}(b_n / c_n)$$

$$\Delta \omega_y = \tan^{-1}(a_n / \sqrt{b_n^2 + c_n^2})$$

となる。一方、Z補正量 ΔZ は前記平面の式から

$$\Delta Z = z_0 - z_{NP}$$

となる。ここで、 z_0 はショット中心(x_0, y_0)での近似平面のギャップであり、

$$z_0 = (1 - a x_0 - b y_0) / c$$

で表わされ、 z_{NP} はAA計測ショット露光ギャップ位置である。上記手順で求められたZチルト補正量 ΔZ 、 $\Delta \omega_x$ 、 $\Delta \omega_y$ をステージ制御部3918に与えることによって、Zチルトステージ1805を駆動し、露光ショットのウエハ表面をAA計測ショット露光ギャップ位置にはば一致させる。

次に、X, Y, θ補正量の計算式を第82図を用いて説明する。ステップ8006で計測した4つのマーク位置でのずれ量 ΔX_s 、 ΔX_d 、 ΔY_s 、 ΔY_d から露光するショット中心でのX, Y, θ方向のずれを計算する。各マークではマスク上マーク2332とウエハ上マーク8203のX方向あるいはY方向のどちらか一方のずれを検出するので、ショット中心でのX, Y方向のずれは向かいあうマークのずれの平均

$$\Delta X = (\Delta X_s + \Delta X_d) / 2$$

$$\Delta Y = (\Delta Y_s + \Delta Y_d) / 2$$

となる。また、θ方向のずれは、向かいあうマーク間の距離 L_x, L_y と各マーク位置でのずれより、

$$\Delta \theta = n \cdot \Delta \theta_Y + (1-n) \Delta \theta_X, \quad 0 \leq n \leq 1$$

$$\text{ただし } \Delta \theta_Y = (\Delta Y_s - \Delta Y_d) / L_Y$$

$$\Delta \theta_X = (\Delta X_s - \Delta X_d) / L_X$$

となる。 $\Delta \theta_Y$ 、 $\Delta \theta_X$ はそれぞれYズレ情報からの回転ずれ量、Xズレ情報からの回転ずれ量であり、 $\Delta \theta$ はその $\Delta \theta_Y$ 、 $\Delta \theta_X$ の一次結合となっている。 $n = 0.5$ なら $\Delta \theta$ は $\Delta \theta_Y$ 、 $\Delta \theta_X$ の平均である。もし、計測時にあるマーク、例えば ΔX_s の計測エラーが生じた場合や露光ショットがウエハの端に位置していて ΔX_s の計測が不可能な場合には、

$$\Delta X_s = \Delta X_d.$$

$$\Delta \theta = \Delta \theta_Y$$

とすることでマスク上パターン8202とウエハ上パターン8201とのずれを求めることが可能となる。これらのずれ量 ΔX_s 、 ΔY_s 、 $\Delta \theta$ はそれぞれステージ駆動部3918にフィードバックする値であり、 ΔX_s 、 ΔY_s はウエハステージ側で、 $\Delta \theta$ はマスクステージ側で補正駆動を行うのは前述した通りである。

次に、第25図及び第83図を用いて、第68図に

2514によって、イジエクターハンド2512を垂直から水平に回転させる（ステップ8308）。次に、イジエクター w_y 駆動部2616によってイジエクター1304を旋回させて、イジエクターハンド2512を回収キャリヤに対向させる（ステップ8309）。次に、イジエクターハンド2512に吸着された回収ウエハが回収キャリヤ内に入るように、イジエクター X ステージ2517を移動させる（ステップ8310）。

そして、イジエクターハンド2512の吸着を終了して（ステップ8311）、回収エレベータ駆動部2609によって回収キャリヤ1ピッチ分上昇させる（ステップ8312）。次に、イジエクター X ステージ2517によってイジエクターハンド2512を元の位置に引き戻し（ステップ8313）、イジエクター1304をステップ8309と逆に旋回させて（ステップ8314）第25図の状態にする。

第84図に、露光ユニット102の正面断面図と側面断面図を示す。この図において、ウエハ3はウエハキャリヤ1807に真空吸着されており、ウ

エしたウエハ回収6813のシーケンスを説明する。まず、イジエクターハンド2512が、オリフラクションチヤツク2521に吸着保持されている回収ウエハ裏面側に来るよう、イジエクターステージ2517をホーム位置から移動させる（ステップ8301）。次に、イジエクタ Z ステージ2520を移動させて、ウエハ裏面にイジエクターハンド2512を接触させ（ステップ8302）、イジエクターハンド2512の真空吸着を開始する（ステップ8303）。回収ウエハがイジエクターハンド2512に吸着されると、ステップ8304の判定をYesで抜けるので、オリフラクションチヤツクの方の吸着を終了させる（ステップ8305）。そして、イジエクタ Z ステージ2520を移動させて、回収ウエハを吸着したイジエクターハンド2512をオリフラクションチヤツク面から離ざせる（ステップ8306）。次に、イジエクタ X ステージ2517を移動させて、イジエクターハンド2512をホーム位置（第69図ステップ8902実行前の位置）に戻す（ステップ8307）。そして、イジエクタ w_x 駆動部

エハチヤツク1807は X 粗動ステージ1710上に取り付けられ、 Y 粗動ガイドバー1711上を走り、 X 粗動ガイドバー1711は Y 粗動ステージ1708に固定されている。 Y 粗動ステージ1708は Y 粗動ガイドバー1706上を走り、 Y 粗動ガイドバー1711はメインフレーム1701に固定されている。マスク2はメインフレーム1701に剛に固定されたAAフレーム2604に取付けられている。

メインフレーム1701はメインチヤンバー3101と3点で結合されていて、上部の1点は剛に結合されており、上部の他の1点は Y 方向のみを拘束する吸収機構8415、下部の1点は Z 方向のみを拘束する吸収機構8416で支持されている。吸収機構8415と吸収機構8416は、メインチヤンバー3101の真空排气による変形の影響や機構材質の違いによる熱変形の影響がメインフレーム1701へ及ばないように取付けられている。更に、メインチヤンバー3101は隙間ベース8405と3点で結合されていて、上部の1点は剛に結合されており、上部の他の1点は Y 方向のみを拘束する吸収機構

8413、下部の1点はZ方向のみを拘束する吸収機構8414で支持されている。吸収機構8413と吸収機構8414は、除振ベース8405の静的変形の影響や構成材質の違いによる熱変形の影響がメインチヤンバー8101に及ばないように取付けられている。

電光ユニット102は最初パターンの形成されたマスク2と感光体の塗布されたウエハ3を対向させ、X線1によりマスク2の露光パターンをウエハ3に施付ける装置であり、マスク2とウエハ3の相対位置ずれは施付け性能低下を引き起こす。メインフレーム1701に取付けられているメカ部品(以下、電光装置本体と呼ぶ)の1次固有振動数は100Hz程度なので、高い周波数成分を含む振動が入ってくると共振を起こし、マスク2とウエハ3の相対位置ずれの原因となるので、除振ベース8405を除振しなければならない。電光装置本体は床に固定された除振架台8401上に配置された3つのエアサスペンション8402、8403、8404に懸架された状態で除振されている。3つのエアサスペン

ション8402～8404には3系統のエア配管2412が接続されている。

マスク2とウエハ3は10μm～50μmのプロキシティーギヤップのある状態で接付けが行われるので、X線1の光軸とマスク2あるいはウエハ3の軸だおれ及び位置ずれは、接付パターンずれを引き起こし、接付け性能低下につながる。よって、X線1の光軸に対し常にマスク2、ウエハ3面の位置と角度を維持できるようにしなければならない。電光装置本体は、エアサスペンションに比べオーダー高いに固有振動数が高いので、除振ベース8405をX、Y、Z、ω_x、ω_y、ω_zにアクチュエートすることで、マスク2とウエハ3は一体で動かすことができる。またX線1は床に対し無視できる振動しかなく、床と除振架台8401の相対変動はない。

この時、除振架台8401の上に配置された3つのエアサスペンション8402～8404に3つの変位センサー8406、8408、8410を取り付け、除振ベース8405のそのターゲット8407、8409、

8413を設けて、除振架台8401に対する除振ベース8405の相対変位を測定して、その信号を元に3つのエアサスペンション8402～8404にフィードバックをかけて、エアサスペンション8402～8404をアクチュエーターとして6軸制御を行う。

第85図は第84図にて複数の姿勢制御機構を制御する電気ブロック図である。

ドライバ8501～3は、エアサスペンション8402～4をアクチュエートする不図示の電液弁を、開口制御する電気ブロックである。これらのドライバ8501～3はCPU8510よりD/A変換器8507を通して与えられるアナログ信号にもとづいて動作する。変位センサ8406、8408、8410は例えば静電容量センサ、または磁電流センサであり、これらの変位センサー8406、8408、8410からの信号を、センサアンプ8504～6は圧表データに比例したDC電圧信号に変換する。A/D変換器8508は、上記DC電圧信号をデジタル化して、バス8509内に取り込む機能を持つ。CPU8510は、A/D変換器8508により取り込まれた

信号に基いて、ドライバ8501～3側に制御信号を与える、いわゆるソフトサーボ機構を構成している。さらに同CPU8510は通信I/F3903bを介して、上位の本体コントロールユニット3902と指示表示や現在位置座標のやりとりができるようになっている。

(発明の効果)

上述したように、本発明によれば、SOR光源を用いて、例えば64メガビット以上のDRAMの製造工程で使用可能な半導体製造用露光装置の提供が可能になる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す全景図。

第2図はX線プロキシミティー露光の概念図、

第3図は各種の露光方式を示す図、

第4図は従来のX線露光装置の一例を示す図、

第5図は従来のSOR-X線露光装置の一例を示す図、

第6図はシンクロトロン放射光の概念図、

第7図は無機基板材料及び有機基板材料をそれぞ

れ用いたマスクの模式図、

第8図は一括露出方式におけるマスクの熱量の概全図、

第9図はスキャン露光方式におけるマスクの熱量の概全図、

第10図は本発明の露光装置の概全図、

第11図は本発明の露光装置における露光領域でのX線強度プロファイルを示す図、

第12図は空気及びヘリウムの熱伝導率と気圧との関係を示す図、

第13図は露光ユニットの構成を示す図、

第14図はX線ミラー部の構成を示す図、

第15図は露光シャッター装置の構成を示す図、

第16図は露光シャッター装置の配置を示す図、

第17図はステージ装置の構成を示す図、

第18図はウェハ搬送ステージの構成を示す図、

第19図はマスクDステージの構成を示す図、

第20図はレーザ周長光学系の配置を模式的に示す図、

第21図はブリアライメントシステムの光学配置

を示す図、

第22図はブリアライメントシステムの見取図、

第23図はピックアップ部の光学部品構成を示す図、

第24図はファインAA部の構成を示す図、

第25図はウェハ搬送系の外観図、

第26図はマスク搬送部の配置を示す図、

第27図はマスク搬送部の構成を示す図、

第28図はマスクカセットローダーの構成を示す図、

第29図はマスクカセットローダーの動作を示す図、

第30図はマスクカセットの構成を示す図、

第31図はチヤンバー構成を示す図、

第32図は給排气系のブロック図、

第33図はウェハロードロック機構を示す図、

第34図はマスクロードロック機構を示す図、

第35図は圧力・純度管理及びミラーポートの給排气系を示す図、

第36図はX線露光装置の全体制御ブロック図、

第37図はコンソールユニットのブロック図、

第38図はメインユニットのブロック図、

第39図は本体制御ユニットのブロック図、

系処理のフローチャート、

第56図は長期休止時のウェハロードチヤンバー給排气系処理のフローチャート、

第57図は長期休止時のマスクチヤンバー給排气系処理のフローチャート、

第58図はウェハ供給キャリヤ取り出しのフローチャート、

第59図はウェハ供給キャリヤ設置のフローチャート、

第60図はマスクカセット取り出しのフローチャート、

第61図はマスクカセット設置のフローチャート、

第62図はX線強度プロファイル計測のフローチャート、

第63図はX線強度プロファイルの計測位置を示す図、

第64図はX線強度プロファイルの算出を説明するための図、

第65図は露光エリア内の各点における露光時間の関係を示す図、

第66図はシヤツタ速度制御データの設定を説明するための図、

第67図はシヤツタ装置の概略を示す図、

第68図は統付処理のフローチャート、

第69図はウエハ供給のフローチャート、

第70図はオリフラ検知のフローチャート、

第71図はオリフラ検知0ステージの回転角に対するステージ中心からウエハエッジまでの距離の変化を示す図、

第72図はステージ中心座標系でウエハを示す図、

第73図はロード／アンロードのフローチャート、

第74図はブリアライメントのフローチャート、

第75図はブリアライメントマーク位置の概略図、

第76図はマスク回収のフローチャート、

第77図はマスク設置のフローチャート、

第78図はマスクアライメントのフローチャート、

第79図はマスクアライメントマーク位置の概略図、

第80図はステップアンドリピート露光のフローチャート、

第81図はウエハAFの概略図、

第82図はウエハAAの概略図、

第83図はウエハ回収のフローチャート、

第84図は露光ユニットの正面断面図と側面断面図、

第85図は露光系側面部のブロック図、
である。

101…ミラーユニット、

102…露光ユニット、

103…電気制御ユニット、

104…恒温制御ユニット、

105…排気ユニット、

106…給気制御ユニット、

1301…ステージ装置、

1302…ファインアライメントシステム、

1303…ウエハ供給回収エレベーター

1304…イジエクター、

1305…オリフラ検知ステージ、

1306…ウエハトラバーサー、

1307…ブリアライメントシステム、

1308…露光シヤツタ装置、

1309…マスクカセットローダー、

1310…マスクカセット、

1311…マスク搬送装置、

1312…計測光学系、

1501…メインシヤツターユニット、

1502…補助シヤツターユニット、

1541…X線照度計、

1661…X線ディテクタ、

1401…X線ミラー、

1701…メインフレーム、

1899…ウエハ移動ステージ、

1999…マスク0ステージ、

2604…AAフレーム、

3101…メインチャンバー、

3102…マスクゲートバルブ、

3103…マスクチャンバー、

3104…シヤツターチャンバー、

3107…ウエハイジエクターチャンバー、

3108…ウエハロードゲートバルブ、

3109…ウエハロードチャンバー

3110…ウエハアンロードゲートバルブ、

3111…ウエハアンロードチャンバー

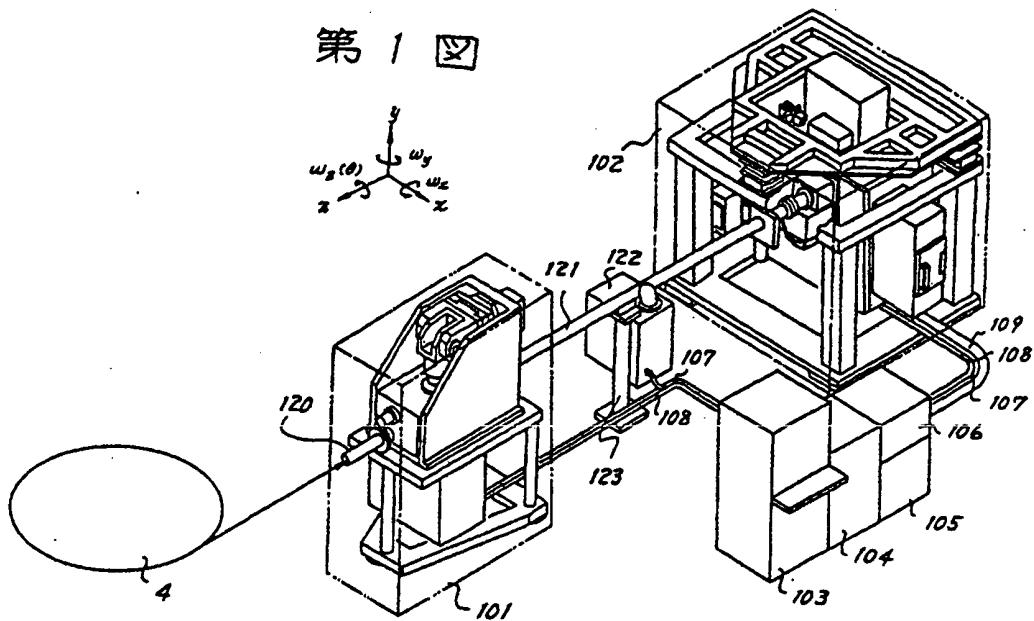
3612…Be室

出願人 キヤノン株式会社

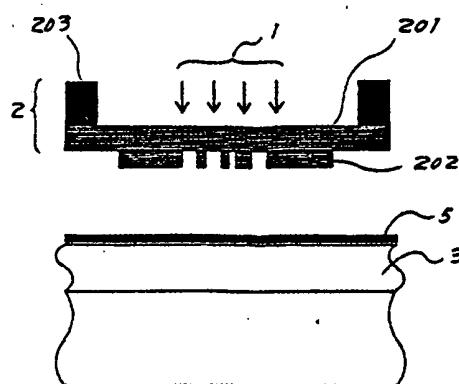
代理人 丸島 優一



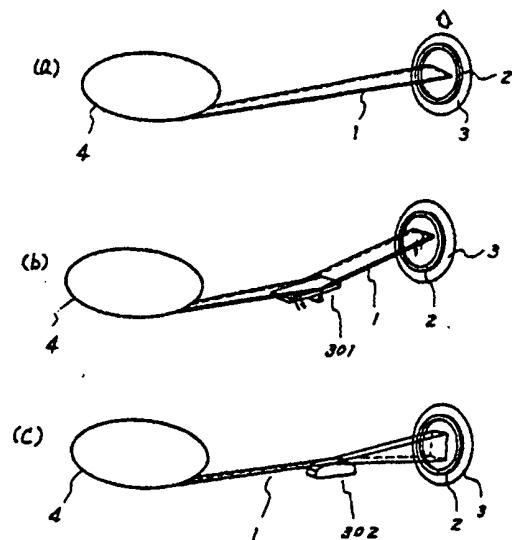
第1図



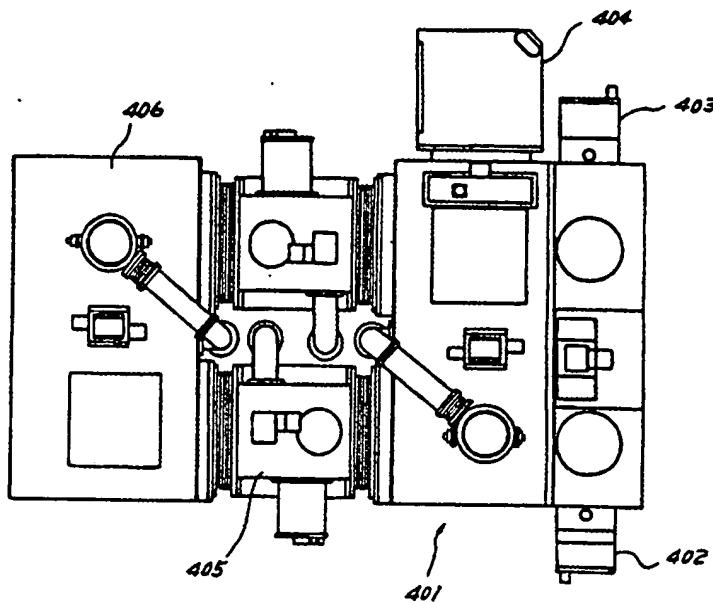
第2図



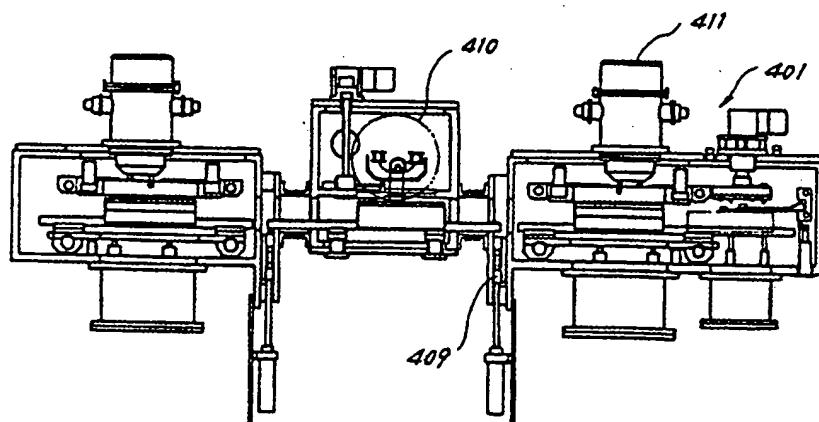
第3図



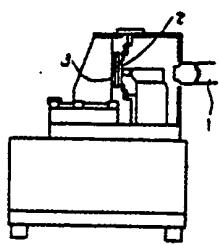
第4図(a)



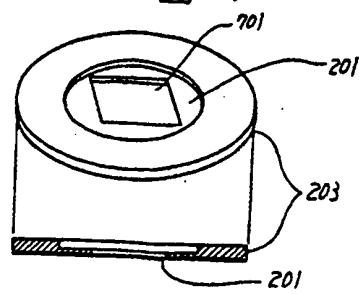
第4図(b)



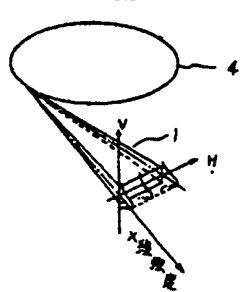
第5図



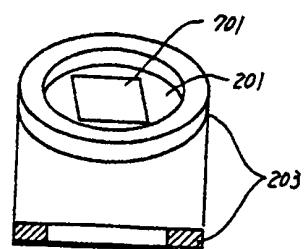
第7図(a)



第6図(a)



第7図(b)



第6図(b)

